



**KULTUSMINISTER
KONFERENZ**

**Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften
für das Fach Physik (MSA)**

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004
i.d.F. vom 13.06.2024)

Einleitung

Die Gesamtstrategie der Kultusministerkonferenz (KMK) zum Bildungsmonitoring in Deutschland sieht vor, durch die Einführung von gemeinsamen Bildungsstandards für Transparenz schulischer Anforderungen zu sorgen, die Entwicklung eines kompetenzorientierten Unterrichts zu fördern und eine Grundlage für die Überprüfung der erreichten Ergebnisse zu schaffen. Das von der KMK gewählte Konzept von Bildungsstandards legt fest, welche fachbezogenen Kompetenzen Schülerinnen und Schüler bis zum Ende eines bestimmten Abschnitts in der Schullaufbahn entwickelt haben sollen. Unter einer Kompetenz wird dabei die Fähigkeit verstanden, Wissen und Können in den jeweiligen Fächern zur Lösung von Problemen anzuwenden. Die in den Bildungsstandards definierten Kompetenzen werden durch Beschreibungen von Anforderungen konkretisiert und anhand von Lernaufgaben illustriert. Die Bildungsstandards konzentrieren sich auf die zentralen fachlichen Kompetenzen. Beschreibungen und Konkretisierungen fachübergreifender Bildungs- und Erziehungsziele erfolgen außerhalb der fachbezogenen Bildungsstandards.

Als schulstufen- bzw. abschlussbezogene und in allen Ländern verbindliche Zielvorgaben bilden die Bildungsstandards der KMK eine wichtige Grundlage für die Entwicklung und Sicherung von Bildungsqualität in den Schulen. Sie sollen schulische Lehr- und Lernprozesse auf eine kumulative und systematisch vernetzte Entwicklung von Kompetenzen orientieren, die auch für zukünftige Bildungsprozesse der Schülerinnen und Schüler bedeutsam sind. Weiterhin sollen sie dazu beitragen, die Durchlässigkeit von Bildungswegen und die Vergleichbarkeit von Abschlüssen sicherzustellen. Flankiert von geeigneten Implementierungs- und Unterstützungsmaßnahmen bilden die Bildungsstandards eine Basis für eine systematische Weiterentwicklung des Bildungssystems.

Bei den in Deutschland eingeführten Bildungsstandards handelt es sich um Regelstandards, die angeben, welches Kompetenzniveau Schülerinnen und Schüler im Durchschnitt in einem Fach erreichen sollen. Bereits in den Jahren 2003 und 2004 hat die KMK Bildungsstandards für den Primarbereich (Jahrgangsstufe 4), den Ersten Schulabschluss (damals Hauptschulabschluss, Jahrgangsstufe 9) und den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) verabschiedet. Sie bilden seither verbindliche normative Referenzpunkte für die länderspezifischen curricularen Vorgaben und die Orientierung des Unterrichts, für die Ausgestaltung von Prüfungen und im Rahmen der KMK-Strategie zum Bildungsmonitoring für die Überprüfung der Standarderreichung mit länderübergreifenden Testverfahren (VERA und IQB-Bildungstrend).

Mit einer Bedarfsanalyse hat die KMK im Jahr 2019 überprüft, inwieweit die vorliegenden Bildungsstandards einer Weiterentwicklung bedürfen. Unter breiter Beteiligung von Fachexpertinnen und -experten aus den Ländern und Vertreterinnen und Vertretern der jeweiligen Fachdidaktiken wurde im Rahmen der Bedarfsanalyse insgesamt ein mittelgroßer bis hoher Überarbeitungsbedarf festgestellt. Aufgrund dieses Befundes hat die KMK am 18.06.2020 beschlossen, alle Bildungsstandards für den Primarbereich und die Sekundarstufe I weiterzuentwickeln. Für die Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik) werden diese nun vorgelegt.

Nach knapp zwanzig Jahren liegen für die Bildungsstandards umfangreiche Implementierungserfahrungen auf unterschiedlichen Ebenen vor, die eine realistische Einschätzung dessen ermöglichen, was sich bewährt hat und umsetzbar ist. In nicht wenigen Fällen ist daher eine deutlich weitergehende Konkretisierung der Standardformulierungen und damit Stärkung ihrer Orientierungsfunktion möglich. Die nun vorliegenden Kompetenzbeschreibungen haben deshalb im Vergleich zu den früheren Vorgaben in vielen Bereichen eine Präzisierung erfahren.

Die nun vorgelegten Bildungsstandards gewährleisten eine deutlich höhere stufenübergreifende Konsistenz. Dies ist unter anderem für die Lehrplanarbeit wichtig, die eine Verständigung über

fachspezifische Übergänge gewährleisten muss, und auch für die pädagogische Praxis von Lehrkräften, die in ihrer Unterrichtsplanung Passungen zwischen Schulstufen herstellen müssen. Die Gelegenheit der Weiterentwicklung der Standards für den Primarbereich und die Sekundarstufe I wurde deshalb genutzt, um sowohl die stufenübergreifende Progression der Anforderungen als auch die Konsistenz von Konzepten und Begriffen zu optimieren, auch mit Blick auf den Übergang zur Sekundarstufe II.

Mit der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ hat die KMK 2016 einen Rahmen für Kompetenzen in der digitalen Welt formuliert, also für Anforderungen, die Kinder und Jugendliche in einer zunehmend digital orientierten Welt zu bewältigen haben. Im Jahr 2021 hat die KMK die Strategie mit der Empfehlung „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ ergänzt. Demnach ist die Berücksichtigung veränderter Bedingungen des Lehrens und Lernens im Kontext digitalen Wandels Aufgabe aller Fächer. Die vorliegenden Bildungsstandards nehmen diese Anforderung konsequent auf, indem die Standardformulierungen mit Blick auf die domänenspezifischen Erwartungen an den Kompetenzerwerb in der digitalen Welt weiterentwickelt wurden. Dabei werden die unterschiedlichen fachspezifischen Voraussetzungen berücksichtigt.

In den Fächern, für die Bildungsstandards vorliegen, wird auch am Erwerb von Kompetenzen gearbeitet, die für andere Fächer und über die Fachgrenzen hinweg bei der Bearbeitung von grundsätzlich überfachlichen Aufgaben der Schule von Bedeutung sind.

Die Anforderungen der weiterentwickelten Bildungsstandards werden – wie bisher – durch illustrierende Aufgabenbeispiele konkretisiert, die separat online publiziert werden, um sie künftig ggf. in kürzeren Intervallen aktualisieren zu können.¹ Die Sammlung umfasst klassische Aufgabenformate sowie solche, die innovative didaktische Entwicklungen auch unter Rückgriff auf digitale Medien aufgreifen. Diese Aufgaben, die von erfahrenen Lehrkräften der Länder in Kooperation mit Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern erarbeitet wurden, zeigen beispielhaft, welche Aufgabenstellungen dazu geeignet sein können, die jeweiligen Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern im Unterricht zu entwickeln. Es handelt sich dabei also um Lernaufgaben, nicht um Prüfungs- oder Testaufgaben. Sie sollen aktive Lernprozesse anstoßen und diese durch eine Folge von gestuften Aufgabenstellungen steuern. Komplexere Lernaufgaben zielen überdies darauf ab, die Steuerung der Aufgabebearbeitung auf die Lernenden zu übertragen.

In den Einleitungen zu den einzelnen Lernaufgaben wird kurz dargestellt, welche Bildungsstandards sie illustrieren, wie die Aufgaben weiteren Strukturierungsmerkmalen von Kompetenzen im jeweiligen Fach zuzuordnen sind und inwiefern die Aufgaben besonders geeignet sind, die Zielkompetenzen zu entwickeln. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den Lernaufgaben nicht um komplette Unterrichtseinheiten handelt, die auf eine umfassende Bearbeitung des jeweiligen Materials abzielen, sondern um ausgewählte Aufgabenstellungen, die gezielt einzelne Kompetenzbündel exemplarisch in den Blick nehmen.

Die vorliegenden Bildungsstandards gelten für alle Bildungsgänge, die zum Mittleren Schulabschluss führen. Sie gelten für alle Schülerinnen und Schüler, die die entsprechenden Abschlüsse anstreben. Bei der Umsetzung der Bildungsstandards im Unterricht muss jedoch selbstverständlich die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden, die unter anderem mit ihrem sozialen und kulturellen Hintergrund, ihrer Herkunftssprache und ihrem Geschlecht verbunden ist. Ziel sollte sein, mithilfe von geeigneten Strategien der Planung, Gestaltung und Weiterentwicklung des Unterrichts sowie schulischer Unterstützungsangebote die Voraussetzungen zu

¹ Die illustrierenden Aufgabenbeispiele können unter folgendem Link eingesehen werden: <https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/WeiterentwicklungBiSta/Lernaufgaben/Physik>

schaffen, dass alle Schülerinnen und Schüler die Bildungsstandards in der Regel erreichen können. In einem inklusiven Unterricht ist darüber hinaus zu klären, wie die Anforderungen an die individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler anzupassen sind. Für zieldifferent unterrichtete Kinder und Jugendliche sind die Bildungsstandards nicht im vollen Umfang maßgeblich.

Das vorliegende Dokument wurde vom IQB in Zusammenarbeit mit Fachexpertinnen und Fachexperten der Länder, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in den relevanten fachdidaktischen Bereichen sowie in enger Abstimmung mit einer von der KMK eingesetzten Steuerungsgruppe erstellt. Vorläufige Fassungen wurden von den Ländern mehrfach kommentiert und im Schulausschuss der KMK und in der Amtschefskommission „Qualitätssicherung in Schulen“ beraten. Am 28.11.2023 fand zu den Entwürfen ein Fachgespräch mit Vertreterinnen und Vertretern der Lehrkräfte- und Fachverbände statt. Viele der Änderungsvorschläge wurden in der weiteren Überarbeitung der Bildungsstandards aufgegriffen und umgesetzt. Das Resultat dieses komplexen Verständigungsprozesses über die Kompetenzen, die Kinder und Jugendliche im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss erwerben sollen, bilden die vorliegenden Bildungsstandards. Sie wurden am 13.06.2024 vom Plenum der Kultusministerkonferenz verabschiedet.

Die Darstellung der Bildungsstandards in den einzelnen Fächern folgt einer einheitlichen Gliederung. So weit wie möglich wurde versucht, kohärente Konzepte und Begriffe zu verwenden, ohne dabei jedoch die Besonderheiten der Fächer zu verkennen.

In der Fachpräambel werden zunächst die allgemeinen Ziele des jeweiligen Faches beschrieben. Dabei wird nicht nur auf die Rolle des Faches für übergreifende Ziele schulischer Bildungsprozesse eingegangen, sondern auch auf die Frage, welche allgemeinen Kompetenzen Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Fach entwickeln sollen. Weiterhin wird in diesem Abschnitt erläutert, von welchen fachdidaktischen bzw. fachbezogenen bildungstheoretischen Grundlagen die Bildungsstandards im jeweiligen Fach ausgehen und welche Rolle Bildung in der digitalen Welt im jeweiligen Fach spielt. Die Bildungsstandards orientieren sich am aktuellen Stand fachdidaktischer Forschung und Diskussionen und setzen auch innovative Impulse. Ferner werden in den Fachpräambeln die Kompetenzbereiche und ihre Struktur beschrieben, auf die sich die Bildungsstandards beziehen.

Den Kern des Dokumentes bildet die Darstellung der Bildungsstandards, die zunächst allgemein eingeführt werden. Es wird beschrieben, welche Aspekte des Wissens und Könnens der jeweilige Kompetenzbereich umfasst und wie diese miteinander zusammenhängen. Anschließend folgt die Auflistung der Kompetenzen, die die Schülerinnen und Schüler entwickeln sollen. Diese sind in Form von Anforderungen formuliert, die Schülerinnen und Schüler am Ende der jeweiligen Jahrgangsstufe bewältigen können sollen. Insgesamt beschreiben die Bildungsstandards, über welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler in der Regel verfügen sollen, wenn sie den jeweiligen Abschluss erwerben.

Damit Bildungsstandards ihre angestrebte Wirksamkeit entfalten können, müssen diese von den verschiedenen Akteuren im Bildungssystem aufgegriffen und umgesetzt werden. Dies betrifft die Bildungspolitik, die Bildungsadministration, die Lehrkräfteaus- und Lehrkräfteweiterbildung sowie die Schulpraxis. Die Länder werden daher Strategien entwickeln und umsetzen, die darauf abzielen, die Erreichung der vereinbarten Zielvorgaben zu gewährleisten. Das Erreichen der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik) wird länderübergreifend erstmals im Rahmen des IQB-Bildungstrends 2030 überprüft werden. Die Studien dienen dazu, den Ländern Rückmeldung darüber zu geben, inwieweit die angestrebten Kompetenzen entwickelt werden konnten.

Beitrag der Naturwissenschaften zur Bildung

Naturwissenschaften prägen durch ihre Denk- und Arbeitsweisen, ihre Erkenntnisse und die daraus resultierenden Anwendungen unsere moderne Gesellschaft und kulturelle Identität sowie die globale ökologische, ökonomische und soziale Situation. Sie sind von fundamentaler Bedeutung für das Verständnis unserer Welt und leisten einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Die Naturwissenschaften bilden die Basis für eine Vielzahl von Ausbildungswegen, Berufen und Forschungsgebieten. Dabei birgt die naturwissenschaftliche Entwicklung auch Risiken, die erkannt, beurteilt, bewertet und beherrscht werden müssen. Hierzu ist Wissen aus den naturwissenschaftlichen Fächern notwendig, beispielsweise bei der Entwicklung und Anwendung von neuen Verfahren der Medizin sowie der Bio- und Gentechnologie, der Neurowissenschaften, der Umwelt- und Energietechnologie, bei der Weiterentwicklung von Werkstoffen und Produktionsverfahren sowie der Nanotechnologie und der Informationstechnologie.

Bildung in den Naturwissenschaften ermöglicht dem Individuum eine kenntnisreiche Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über Potentiale und Risiken naturwissenschaftlicher Forschung und technische Entwicklungen. Sie ist somit wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung und für die berufliche Orientierung der Lernenden unerlässlich.

Ziel naturwissenschaftsbezogener Bildung ist es, Phänomene erfahr- und erklärbar zu machen, die Sprache und Geschichte der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinanderzusetzen. Dazu gehört das theorie- und hypothesengeleitete naturwissenschaftliche Arbeiten, das eine analytische und rationale Betrachtung der Welt ermöglicht.

Das Erkennen, Einordnen, Bewerten und Berücksichtigen möglicher Folgen für ökologische, ökonomische und soziale Systeme ist für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe notwendig und erfordert naturwissenschaftsbezogene Kompetenzen. Diese werden in fachlichen wie fachübergreifenden Zusammenhängen erworben.

Angesichts der durch die Digitalisierung herbeigeführten gesellschaftlichen Veränderungen sind Kompetenzen des fachbezogenen Umgangs mit digitalen Medien und Werkzeugen integraler Bestandteil naturwissenschaftsbezogener Bildung.

Mit Blick auf notwendige Transformationsprozesse hin zu einer nachhaltigeren Gesellschaft, Wirtschaft und Lebensführung kommt Kompetenzen in den Naturwissenschaften heute und in Zukunft besondere Bedeutung für eine mündige Teilhabe des Einzelnen zu.

Beitrag des Faches Physik zur Bildung

Die Naturwissenschaft Physik leistet einen Beitrag für ein umfassendes Verständnis der Welt. Dazu gehört auch, die Grundlagen von Technologien zu verstehen und deren Nutzung im Hinblick auf das eigene Leben und die Gesellschaft zu bewerten sowie Informationen, insbesondere in der digitalen Welt, selbstbestimmt zu nutzen. Physikalische Erkenntnisse prägen unser Weltbild und verdeutlichen durch den Wandel, dem sie unterworfen sind, die Offenheit der Physik für Weiterentwicklung.

Die Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft macht Vorgänge über die menschliche Wahrnehmung hinaus durch Messtechnik erfahrbar und durch Modelle beschreibbar. Die Lernenden begegnen im Unterricht zum einen der Bedeutung der Modellierung von Prozessen und Systemen, zum anderen der begrenzten Gültigkeit der Modelle. Sie lernen, dass aus theoretischen Überlegungen Aussagen zu neuen Zusammenhängen und zur Vorhersagbarkeit von Ereignissen abgeleitet werden können.

Physik ist nicht nur Wissenschaft, sondern auch Denkweise und Weltsicht. Die Lernenden nutzen die physikalischen Denk- und Arbeitsweisen deshalb nicht nur innerhalb des Faches Physik, sondern transferieren diese auch als Strategien in ihren Lebensalltag. Sie entwickeln Verständnis und Wertschätzung für physikalische Sichtweisen, nutzen sie aktiv und fordern sie von anderen ein. Der fortwährende Wechsel zwischen Modellen und Realität sowie die kontinuierliche Reflexion der Modellierung auch in digitalen Darstellungen sensibilisieren für Möglichkeiten und Grenzen modellhafter Beschreibungen.

Als eine der ältesten Wissenschaften ist die Physik seit jeher in ein Wechselspiel mit Technik und Gesellschaft eingebunden. Sowohl historische als auch aktuelle Entwicklungen verdeutlichen die Notwendigkeit der Betrachtung gesellschaftlich relevanter Problemstellungen wie der Energieversorgung oder des Klimawandels aus physikalischer und technischer Sicht. Lernende werden dazu angeregt, sich rational reflektiert eine eigene Meinung zu bilden und sowohl in ihrem unmittelbaren Umfeld als auch in der Gesellschaft Verantwortung zu übernehmen. In diesem Sinne leistet der Physikunterricht auch einen wichtigen Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung und zur politischen Bildung von Jugendlichen.

Bildung in der Physik ermöglicht Einblicke in die Arbeitsweisen physikalischer Forschung und Entwicklung, fördert Wissenschaftsverständnis im Sinne von Nature of Science, trägt zur lebenslangen individuellen Kompetenzentwicklung bei und ist somit ein wichtiger Teil der Allgemeinbildung.

Kompetenzbereiche des Faches Physik

Mit dem Erwerb des Mittleren Schulabschlusses verfügen die Lernenden über Kompetenzen in den Naturwissenschaften im Allgemeinen sowie über Kompetenzen in der Physik im Besonderen.

Die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und Inhalte bilden unter anderem die Grundlage für die unterrichtliche Arbeit in der Sekundarstufe II.

Das den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss zugrunde liegende Modell der naturwissenschaftsbezogenen Kompetenzen umfasst die vier Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz:

Die Sachkompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Begriffe, Konzepte, Gesetzmäßigkeiten, Theorien und Verfahren verbunden mit der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären, sachgerecht zu nutzen und auf fach- und alltagsbezogene Sachverhalte zu übertragen.

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis grundlegender naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen verbunden mit der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären, für Erkenntnisprozesse systematisch zu nutzen und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Die Kommunikationskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache und fachtypischen Darstellungen verbunden mit der Fähigkeit, daraus fachbezogene Informationen zu erschließen, diese adressaten- und situationsgerecht aufzubereiten und sich argumentativ auszutauschen.

Die Bewertungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren verbunden mit der Fähigkeit, Handlungsoptionen anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, um Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen, die Folgen abzuschätzen und Entscheidungsprozesse zu reflektieren.

Diese vier Kompetenzbereiche durchdringen einander und bilden gemeinsam die Fachkompetenz im Fach Physik. Kompetenzen zeigen sich in der Verbindung von Kenntnissen und Fähigkeiten in den jeweiligen Kompetenzbereichen und sind nur im Umgang mit Inhalten zu erwerben. Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert. Sie werden in Form von Regelstandards präzisiert, die von Lernenden bis zum Erreichen des Mittleren Schulabschlusses zu erwerben sind. Verbindliche inhaltliche Aspekte, anhand derer Kompetenzen erworben werden, sind im Kapitel *Verbindliche inhaltliche Aspekte* aufgeführt.

Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Physik

Im Folgenden werden für die vier Kompetenzbereiche Regelstandards formuliert, die von den Lernenden bis zum Erreichen des Mittleren Schulabschlusses zu erwerben sind. Dabei handelt es sich um Kompetenzbeschreibungen, die durch geeignete Inhalte und Kontexte für den unterrichtlichen Einsatz ausgestaltet und durch passende Operatoren spezifiziert werden müssen. Die verbindlichen inhaltlichen Aspekte (s. u.) sind auf die Standards zu beziehen und mit den Basis-konzepten (s. u.) zu vernetzen. Auf welchem Niveau die Standards erreicht werden sollen (z. B. angeleitetes oder selbstständiges Arbeiten, einfache oder komplexe Fragestellungen oder Sachverhalte, Alltags- oder Fachsprache etc.), hängt im Wesentlichen von den Problemstellungen ab, auf welche die Standards angewendet werden.

Sachkompetenz

Die Sachkompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Begriffe, Konzepte, Gesetzmäßigkeiten, Theorien und Verfahren verbunden mit der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären, sachgerecht zu nutzen und auf fach- und alltagsbezogene Sachverhalte zu übertragen.

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

Sachkompetenz zeigt sich in der Physik in der Nutzung von Fachwissen zur Bearbeitung von sowohl innerfachlichen als auch anwendungsbezogenen Aufgaben und Problemen. Dazu gehört die modellhafte Erklärung von Phänomenen ebenso wie die qualitative und quantitative Auswertung von Messergebnissen, auch anhand eines Vergleichs der experimentellen Ergebnisse mit den theoretischen Vorhersagen. Ein angemessener Grad der Mathematisierung ist hierbei zu berücksichtigen. Dies bedeutet insbesondere, dass der Grad der Mathematisierung nicht über die Bildungsstandards der Mathematik für den Mittleren Schulabschluss hinausgeht.

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

S 1: Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen

Die Lernenden...

- S 1.1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;
- S 1.2 beschreiben einfache Modelle, deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten sowie deren Grenzen.

S 2: Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen Die Lernenden...

- S 2.1 bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen;
- S 2.2 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus;
- S 2.3 wenden bekannte Auswerteverfahren auf Messergebnisse an;
- S 2.4 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Fragestellungen und Probleme an.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

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

Physikalische Erkenntnisgewinnung ist zum einen bestimmt durch die theoretische Beschreibung der Natur, die mit der Bildung von Fachbegriffen und Modellen einhergeht. Modelle stellen gegenständliche, symbolische oder auch nur gedankliche Repräsentationen von Elementen der Wirklichkeit dar (z. B. Funktionsmodelle, Denkmodelle, mathematische Gleichungen und Zusammenhänge, Diagramme oder Simulationen). Modelle werden für einen bestimmten Zweck geschaffen oder verwendet wie beispielsweise, um Vorhersagen zu ermöglichen. Bei Modellen bestehen Analogien zwischen bestimmten Elementen des Modells und Elementen der Realität. Zum anderen sind empirische Methoden, vor allem das Experimentieren, mit denen Gültigkeit und Relevanz der theoretischen Beschreibung abgesichert werden, grundlegend für physikalische Erkenntnisgewinnung.

Dieses Wechselspiel von Theorie und Experiment in der naturwissenschaftlichen Forschung umfasst typischerweise folgende zentrale Schritte:

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

Experimentelle Ergebnisse und aus Modellen abgeleitete Annahmen werden interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess wird im Hinblick auf seine Güte reflektiert. Das Durchführen eines erlernten Verfahrens oder einer bekannten Methode ohne die Einbettung in den Prozess der Erkenntnisgewinnung als Ganzes ist in den Bildungsstandards der Sachkompetenz zugeordnet.

E 1: Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und theoretischen Überlegungen bilden

Die Lernenden...

- E 1.1 beobachten und beschreiben physikalische Phänomene oder Sachverhalte;
- E 1.2 identifizieren und formulieren Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten;
- E 1.3 stellen Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

E 2: Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Lernenden...

- E 2.1 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung physikalischer Fragestellungen, auch mithilfe digitaler Messwerterfassung und -auswertung;
- E 2.2 entwickeln einfache geeignete Modelle (z. B. Denkmodelle, grafische Darstellungen, mathematische Gleichungen), auch mithilfe digitaler Werkzeuge, wobei sie Hypothesen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen.

E 3: Ergebnisse interpretieren und Erkenntnisprozesse reflektieren

Die Lernenden...

- E 3.1 werten in Experimenten gewonnene oder recherchierte Daten auch mithilfe von digitalen Hilfsmitteln aus, identifizieren Zusammenhänge und erklären diese mithilfe bekannter Modelle (z. B. Denkmodelle, grafische Darstellungen, mathematische Gleichungen);
- E 3.2 differenzieren zwischen Beobachtung und Interpretation experimentell gewonnener Daten;
- E 3.3 interpretieren Messergebnisse unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten und beschreiben Möglichkeiten zur Verbesserung des Messprozesses;
- E 3.4 beurteilen die Eignung von Verfahren und Modellen für die Lösung von einfachen physikalischen Problemen;
- E 3.5 übertragen gewonnene Erkenntnisse auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Anwendbarkeit.

Kommunikationskompetenz

Die Kommunikationskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis geeigneter Fachsprache, fachtypischer Darstellungen und Argumentationsstrukturen sowie in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen. Die physikalische Fachsprache setzt sich dabei aus etablierten Satzstrukturen, Fachbegriffen, Symbolen und standardisierten Einheiten zusammen. Für gesellschaftliche Diskussionen sind vor allem die physiktypische Nutzung bestimmter Arten von Abbildungen, Diagrammen und Symbolen, die Betonung logischer Verknüpfungen sowie der Wechsel zwischen situationsspezifischen und verallgemeinerten Aussagen und mehreren Darstellungsformen relevant.

Grundlegend für eine hohe Kommunikationskompetenz im Fach Physik ist die sinnvolle Auswahl von Quellen und die Entnahme der nötigen Informationen sowie die überzeugende Präsentation und die reflektierte Beteiligung an Diskussionen. Die sprachliche sowie mathematische Darstellung von Zusammenhängen und Lösungswegen ist dagegen Ausdruck von Sach- bzw. Erkenntnisgewinnungskompetenz, die Berücksichtigung von überfachlichen Aspekten für die Meinungsbildung und die Entscheidungsfindung sind der Bewertungskompetenz zugeordnet.

K 1: Informationen erschließen

Die Lernenden...

- K 1.1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- K 1.2 differenzieren zwischen fiktiven Aussagen und auf empirischer Evidenz beruhendem naturwissenschaftlichen Wissen;
- K 1.3 prüfen Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt;
- K 1.4 differenzieren zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen;
- K 1.5 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Alltags- oder Fachsprache wieder.

K 2: Informationen aufbereiten

Die Lernenden...

- K 2.1 formulieren unter Verwendung von Alltags- oder Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert;
- K 2.2 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus;
- K 2.3 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge;
- K 2.4 prüfen die Urheberschaft, dokumentieren verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

K 3: Informationen austauschen und diskutieren

Die Lernenden...

- K 3.1 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien;
- K 3.2 tauschen sich mit anderen über physikalische Sachverhalte aus, vertreten den eigenen Standpunkt mithilfe fachlicher Argumente, reflektieren ihn und korrigieren diesen gegebenenfalls.

Bewertungskompetenz

Die Bewertungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von einfachen fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese in bekannten alltagsnahen Situationen (wie z. B. der Nutzung von Energie im Haushalt oder Sicherheitsaspekten im Alltag) zu nutzen, um Aussagen anhand von Kriterien zu beurteilen (Sachurteil) und sich dazu begründet eine eigene Meinung zu bilden (Werturteil). Im Zentrum des Bewertungsprozesses stehen das Entwickeln und Reflektieren einfacher geeigneter Kriterien als Grundlage für eine Entscheidung oder Meinungsbildung bei bekannten alltagsnahen Situationen.

Um selbstbestimmt an gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozessen teilhaben zu können, wenden die Lernenden ein Bewertungsverfahren an. Dieses umfasst in den Naturwissenschaften typischerweise die folgenden Schritte:

- Wahrnehmen,
- Analysieren,

- Argumentieren,
- Gewichten,
- Entscheiden,
- Reflektieren.²

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

B 1: Sachverhalte und Informationen kriteriengeleitet beurteilen

Die Lernenden...

- B 1.1 prüfen vorgegebene Sachverhalte und Informationen hinsichtlich Schlüssigkeit und überzeugender Argumentation;
- B 1.2 formulieren relevante Kriterien für den Bewertungsprozess;
- B 1.3 beurteilen anhand vorgegebener Kriterien Sachverhalte und Informationen sowie deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.

B 2: Kriteriengeleitet Entscheidungen treffen

Die Lernenden...

- B 2.1 bilden sich reflektiert und rational in überfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil;
- B 2.2 treffen begründete Entscheidungen unter Berücksichtigung fachlicher und überfachlicher Kriterien.

B 3: Entscheidungen und deren Folgen reflektieren

Die Lernenden...

- B 3.1 reflektieren Entscheidungen unter Berücksichtigung der nachhaltigen Entwicklung unter fachlichen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten und formulieren einfache Handlungsoptionen;
- B 3.2 benennen Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen.

² MNU Deutscher Verein zu Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (2022). Bewertungskompetenzen in den Naturwissenschaften. Denkanstöße, Empfehlungen und Hilfen für den Unterricht und für Aufgaben, S. 9-12. Neuss: Verlag Klaus Seeberger. https://www.mnu.de/images/publikationen/Bewertungskompetenzen/Bildungsstandards_Bewertungskompetenz.pdf (Abgerufen am: 17.01.2024).

Basiskonzepte

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

Die Basiskonzepte bilden die Grundlage typischer Vorgehensweisen beim Lösen physikalischer Probleme und werden in Lehr-Lern-Prozessen wiederholt thematisiert und ausdifferenziert. Den Lernenden wird aufgezeigt, dass diese grundlegenden Konzepte in vielen verschiedenen Lernbereichen einsetzbar sind und einen systematischen Wissensaufbau und somit den Erwerb eines strukturierten und mit anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften vernetzten Wissens unterstützen.

Erhaltung und Gleichgewichte

Viele Sachverhalte und Vorgänge lassen sich in der Physik durch ein Denken in Bilanzen oder Gleichgewichten beschreiben und erklären. Hierbei spielen neben statischen und dynamischen Gleichgewichtsbedingungen, wie z. B. bei der Betrachtung von Kräften und thermodynamischen Gleichgewichten, auch Erhaltungssätze wie z. B. die Energieerhaltung oder die Ladungserhaltung eine wesentliche Rolle. Darüber hinaus sind Ungleichgewichte in der Regel Antriebe für Prozesse wie z. B. Beschleunigung bei Kräfteungleichgewicht.

Modelle und Vorhersagen

Ein zentrales Merkmal der Physik ist es, Vorgänge und Zusammenhänge mithilfe von Modellen und Theorien zu beschreiben und daraus Erkenntnisse und Vorhersagen zu erhalten. Hierbei ist der Modellbegriff von fundamentaler Bedeutung, um zwischen Phänomenen und der Physik als Vorhersagen machende Wissenschaft zu unterscheiden. Modelle stellen gegenständliche, symbolische oder auch nur gedankliche Repräsentationen von Elementen der Wirklichkeit dar (z. B. Funktionsmodelle, Denkmodelle, mathematische Gleichungen und Zusammenhänge, Diagramme oder Simulationen). Modelle werden für einen bestimmten Zweck geschaffen oder verwendet wie beispielsweise, um Vorhersagen zu ermöglichen. Bei Modellen bestehen Analogien zwischen bestimmten Elementen des Modells und Elementen der Realität. Ein wesentlicher Bestandteil von naturwissenschaftlichen Modellen ist, dass aus diesen getroffenen Vorhersagen experimentell überprüft werden können bzw. sich diese in experimentellen Situationen bewährt haben. Vor dem Hintergrund des Basiskonzepts Modelle und Vorhersagen können Aussagen aus im Alltag diskutierten Modellen, wie z. B. Klimamodellen, interpretiert werden.

Experimente und Verfahren

Das Experimentieren ist die fundamentale Methode der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften, insbesondere in der Physik. Die einzelnen Schritte eines typischen Experimentierzyklus, wie ein theoriegeleitetes Vorgehen, eine strukturierte Planung der Durchführung, eine objektive Auswertung und eine Interpretation der Ergebnisse, ermöglichen eine nachvollziehbare Erkenntnisgewinnung in der Physik sowie eine systematische Beurteilung bestehender Aussagen in der Physik und im Alltag. Zeitgemäße Physik zeichnet sich dabei auch durch die Anwendung digitaler Messwerterfassung und -auswertung aus. Zudem spielen graphische und mathematische Verfahren beim Lösen von Problemen eine große Rolle bei der Gewinnung von Erkenntnissen in der Physik.

Ursache und Wirkung

In der Physik ist die Frage nach Ursache und Wirkung von großer Bedeutung, da sie die Grundvoraussetzung für eine Beschreibung von Phänomenen durch Gesetzmäßigkeiten ist. Dies gilt

für viele, aber nicht für alle physikalischen Phänomene, da es in der Natur auch Prozesse gibt, die nicht kausal beschrieben werden können wie z. B. der Zerfall eines einzelnen Atomkerns. Die Zusammenhänge von Ursache und Wirkung sind manchmal einfach, manchmal aber auch vielschichtig. Eine wichtige Aufgabe der Naturwissenschaften besteht darin, die kausalen Zusammenhänge zu untersuchen und zu erklären (z. B. elektrische Stromkreise, Geschwindigkeitsänderung). Diese Zusammenhänge können dann in verschiedenen Kontexten getestet und zur Vorhersage und Erklärung von Phänomenen in neuen Kontexten verwendet werden (z. B. astronomische Phänomene, induktives Laden). Somit bietet dieser strukturierte Zugang eine gute Grundlage, um über physikalische Phänomene und deren Erklärung zu kommunizieren sowie im Alltag naturwissenschaftliche Argumentationen zu beurteilen.

Verbindliche inhaltliche Aspekte

Im Folgenden werden verbindliche Inhalte definiert, an denen die in Kapitel *Kompetenzbereiche des Faches Physik* beschriebenen Kompetenzen aller vier Kompetenzbereiche erlernt und überprüft werden. Für die Strukturierung wurden fünf Bereiche gewählt, die jedoch Überschneidungen aufweisen und daher nicht getrennt voneinander zu betrachten sind. Die inhaltlichen Aspekte sind so gewählt, dass landesspezifische Ergänzungen und Präzisierungen vorgenommen werden können. Dabei sind regionale und zeitgemäße Kontexte zu berücksichtigen.

Die in den Klammern angegebenen Konkretisierungen sind Teil der verbindlichen Inhalte. Wenn im Folgenden Formeln angewandt, Rechnungen durchgeführt oder aus Diagrammen Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden sollen, wird dies durch die Angabe „quantitativ“ angezeigt.

Energie

- physikalische Größen: Energie, Leistung, Wirkungsgrad
- Energieformen: Bewegungsenergie, Lageenergie, elektrische Energie, thermische Energie, Strahlungsenergie
- Energieumwandlung und Energieübertragung
- Energieerhaltung und Energieentwertung, auch quantitative Bilanzierung
- Zusammenhang zwischen Energie und Leistung, auch quantitative Betrachtungen
- nachhaltige Energieversorgung, insbesondere Energiespeicherung

Elektrizitätslehre

- physikalische Größen: elektrische Energie, elektrische Ladung, elektrische Leistung, elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, elektrischer Widerstand
- Wirkungen und Gefahren des elektrischen Stroms
- Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Stromstärke, auch quantitative Betrachtungen
- elektromagnetische Induktion
- Versorgung mit elektrischer Energie

Mechanik

- physikalische Größen: Geschwindigkeit, Kraft, Masse, Ort, Strecke, Zeit
- Geschwindigkeit (quantitativ) und Geschwindigkeitsänderungen
- Darstellung von Bewegungsabläufen, insbesondere in Diagrammen
- Kräfte und ihre Wirkungen, insbesondere Geschwindigkeitsänderung (Betrag und Richtung)
- Trägheitsprinzip
- Masse und Gewichtskraft, auch quantitativ

Elektromagnetische Strahlung

- physikalische Größe: Temperatur, Wellenlänge
- Licht und Wärmestrahlung: Grenzen der Wahrnehmung durch Lebewesen und Erfassung durch Sensoren
- geradlinige Ausbreitung von Licht (Mondphasen, Finsternisse)
- elektromagnetisches Spektrum (Mobilfunkstrahlung, Wärmestrahlung, optische Strahlung, Röntgenstrahlung)
- Wechselwirkung von Strahlung und Materie (Reflexion, Streuung, Brechung, Absorption, Emission, Transmission)
- Klimaphysik, insbesondere Strahlungshaushalt der Erde (Rückstrahlvermögen, mögliche Kippelemente, natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt)

Ionisierende Strahlung

- physikalische Größen: Aktivität, Halbwertszeit, Zählrate
- Absorption, biologische Wirkung und medizinische Nutzung ionisierender Strahlung
- Kernumwandlungen (Spontanzerfall, Kernspaltung, Kernfusion) und Lagerung radioaktiver Abfälle

Anforderungsbereiche

Mit Blick auf die unterrichtliche Einbindung von Aufgaben werden folgende Anforderungsbereiche unterschieden:

Anforderungsbereich I umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelerten Zusammenhang sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

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

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