



**KULTUSMINISTER
KONFERENZ**

**Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften
für das Fach Chemie (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 Aufgabenbearbeitung 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.igb.hu-berlin.de/bista/WeiterentwicklungBiSta/Lernaufgaben/Lernaufgaben%20Chemie/>

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 zielfieldifferent 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 Chemie 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 naturwissenschaftlich-technische 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 Fachs Chemie zur Bildung

Die Chemie untersucht und beschreibt die stoffliche Welt auf makroskopischer und submikroskopischer Ebene unter besonderer Berücksichtigung der chemischen Reaktion. Dabei spielen Stoff- und Energieumwandlungen durch Teilchen- und Strukturveränderungen und der Umbau chemischer Bindungen eine zentrale Rolle. Damit liefert die Chemie Erkenntnisse über den Aufbau, die Herstellung und die Eigenschaften von Stoffen sowie für den sachgerechten Umgang mit ihnen.

Der Chemieunterricht bis zum Mittleren Schulabschluss versetzt Lernende in die Lage, Phänomene der Lebenswelt auf der Grundlage ihrer Kenntnisse über Stoffe und chemische Reaktionen zu erklären und zu bewerten sowie diesbezüglich Entscheidungen zu treffen, Urteile zu fällen und dabei adressatengerecht zu kommunizieren. Insgesamt leistet der Erwerb der Fachsprache einen Beitrag zur Sprachbildung, die Partizipation an der modernen Wissensgesellschaft ermöglicht.

Die Lernenden erkennen die Bedeutung der Wissenschaft Chemie, der chemischen Industrie und der chemierelevanten Berufe für Gesellschaft, Wirtschaft, Technik und Umwelt. Gleichzeitig werden sie für eine nachhaltige Nutzung von Ressourcen sensibilisiert. Das schließt den verantwortungsbewussten Umgang mit Chemikalien, Geräten und Materialien aus Haushalt, Labor und Umwelt sowie das sicherheitsbewusste Experimentieren ein. Durch eine angemessene Kontextualisierung der Inhalte erkennen die Lernenden Anwendungsbezüge und berufliche Perspektiven. Der Chemieunterricht trägt damit zur Entwicklung der je individuellen Absichten, Ziele und Interessen der Schülerinnen und Schüler bei.

Auf Grundlage der erworbenen chemiespezifischen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten nutzen die Lernenden insbesondere Experimente und Untersuchungen als Mittel zum individuellen Erkenntnisgewinn über chemische Phänomene. Die Lernenden verknüpfen experimentelle Ergebnisse mit Modellvorstellungen und erlangen auf submikroskopischer Ebene ein tieferes Verständnis der chemischen Reaktionen, Bindungen und der Stoffeigenschaften. Darüber hinaus ziehen sie Kompetenzen aus anderen Fächern heran und erfahren die Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnis.

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

Kompetenzbereiche des Fachs Chemie

Mit dem Erwerb des Mittleren Schulabschlusses verfügen die Lernenden über Kompetenzen in den Naturwissenschaften im Allgemeinen sowie über Kompetenzen in der Chemie 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. Der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen auf der makroskopischen und submikroskopischen Ebene sowie der Ebene der Repräsentationen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

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. Für das Fach Chemie sind hier insbesondere Experimente, Untersuchungen sowie die Nutzung von Modellen zu nennen.

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. Im Fach Chemie spielt die Nutzung der Formelsprache dabei eine wichtige Rolle.

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 Chemie ab. 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.

Die drei Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik bilden die inhaltliche Dimension durch Basiskonzepte ab. In der Chemie wird die Inhaltsdimension durch drei Basiskonzepte (vgl. Kapitel *Basiskonzepte*) strukturiert. Mit diesen Basiskonzepten können Phänomene chemisch beschrieben, geordnet und erklärt werden. Sie finden daher in allen vier Kompetenzbereichen Berücksichtigung.

Die prozedurale Dimension bezieht sich auf grundlegende Elemente der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, also auf experimentelles und theoretisches Arbeiten, auf Kommunikation und auf die Anwendung und Bewertung chemischer Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten. Diese beiden Dimensionen chemischen Arbeitens ermöglichen es den Lernenden, vielfältige Kompetenzen zu erwerben, die ihnen helfen, die natürliche und kulturelle Welt zu verstehen und zu erklären. Die Kompetenzen beschreiben Ergebnisse des Lernens im Sinne von Wissen und Können, geben aber keine Unterrichtsmethoden oder -strategien vor.

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

Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Chemie

Im Folgenden werden für die vier Kompetenzbereiche Regelstandards formuliert, die von 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 für Prüfungszwecke durch passende Operatoren spezifiziert werden müssen. Verpflichtende inhaltliche Aspekte werden getrennt genannt und sind gemeinsam mit den allgemein formulierten Kompetenzen zu unterrichten. Dabei spielt die Vernetzung zu Basiskonzepten eine wichtige Rolle. Eine unterrichtliche Lernsituation adressiert folglich immer (mindestens) eine Kompetenz anhand eines inhaltlichen Beispiels, wobei die Basiskonzepte die Perspektiven der Betrachtung bestimmen.

Sachkompetenz

Die Chemie betrachtet Stoffe, deren Eigenschaften, Umwandlungen sowie Verwendungsmöglichkeiten phänomenologisch und zieht zu deren Erklärung Modelle auf der submikroskopischen Ebene heran. Zur Verknüpfung zwischen makroskopischer und submikroskopischer Ebene, aber auch zu deren Unterscheidung spielen chemiespezifische Repräsentationsformen als eigene Betrachtungsebene eine zentrale Rolle. Um dies zu verdeutlichen, wird den folgenden Standardformulierungen der übergeordnete Standard S 0 vorangestellt.

S 0: Beschreiben chemischer Sachverhalte

Die Lernenden...

- S 0 beschreiben einen chemischen Sachverhalt sowohl auf makroskopischer und submikroskopischer Ebene als auch auf der Ebene der Repräsentationen.

S 1: Die makroskopische Ebene

Die Lernenden...

- S 1.1 unterscheiden zwischen Reinstoffen und Stoffgemischen sowie Elementen und Verbindungen;
- S 1.2 kennen und nutzen Ordnungssysteme für Stoffe;
- S 1.3 nutzen Stoffeigenschaften, um Stoffe zu klassifizieren oder zu identifizieren;
- S 1.4 beschreiben den Zusammenhang von äußeren Bedingungen und Stoffeigenschaften;
- S 1.5 beschreiben chemische Reaktionen als Einheit von Stoff- und Energieumwandlungen;
- S 1.6 beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen;
- S 1.7 beschreiben Möglichkeiten der Beeinflussung chemischer Reaktionen durch Variation von Reaktionsbedingungen;
- S 1.8 unterscheiden verschiedene Energieformen.

S 2: Die submikroskopische Ebene

Die Lernenden...

- S 2.1 beschreiben modellhaft den submikroskopischen Bau ausgewählter Reinstoffe und Stoffgemische
- S 2.2 unterscheiden Atome, Ionen und Moleküle;
- S 2.3 beschreiben den Bau von Atomen mithilfe eines differenzierten Atommodells;
- S 2.4 unterscheiden und erklären Bindungstypen;
- S 2.5 beschreiben räumliche Strukturen von Teilchen auf Basis eines Bindungsmodells;
- S 2.6 erklären Wechselwirkungen zwischen Teilchen;

- S 2.7 begründen makroskopische Eigenschaften von Stoffen auf submikroskopischer Ebene;
- S 2.8 beschreiben Donator-Akzeptor-Vorgänge auf submikroskopischer Ebene;
- S 2.9 deuten Stoffumwandlungen hinsichtlich des Umbaus chemischer Bindungen.

S 3: Die Ebene der Repräsentationen

Die Lernenden...

- S 3.1 kennen Bedeutungen und Aussagen chemischer Symbole und Formeln und nutzen diese zur Beschreibung chemischer Sachverhalte;
- S 3.2 beschreiben chemische Reaktionen stöchiometrisch korrekt unter Verwendung der Formelsprache und stellen Reaktionsgleichungen auf;
- S 3.3 beschreiben den energetischen Verlauf chemischer Reaktionen.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Fachbezogene Denkweisen und Untersuchungsmethoden mit ihren konzeptionellen Rahmen werden der Erkenntnisgewinnungskompetenz zugeordnet.

Die Chemie steht in einem fachwissenschaftlichen, gesellschaftlichen und historischen Zusammenhang, der sich in der Auswahl der Sachverhalte für die fachbezogene Erkenntnisgewinnung widerspiegeln soll.

Um Erkenntnisprozesse nachvollziehen und gestalten zu können, müssen die Lernenden in der Lage sein, die für den zu bearbeitenden Sachverhalt bedeutsamen und durch das Fach Chemie beantwortbaren Fragestellungen zu erkennen sowie geeignete Denkweisen und Untersuchungsmethoden anzuwenden, diesen Fragestellungen chemisch nachzugehen.

Der konzeptionelle Rahmen einer Untersuchungsmethode umfasst die Auswahl und Einengung des Untersuchungsgegenstandes, die Planung und Bewertung verschiedener möglicher Methoden der Erkenntnisgewinnung sowie die kritische Reflexion ihrer Durchführung durch die Lernenden. Dies beinhaltet die Organisation der Arbeitsschritte sowie das Beherrschen fachtypischer Denkweisen, Recherche-, Arbeits- und Auswertungstechniken. Zentrale Bedeutung haben dabei das chemische Experiment sowie die Nutzung von Modellen. Zu berücksichtigen sind in angemessenem Maße auch sprachliche und quantifizierend-mathematische Formalisierungen der Chemie.

Die Ergebnisse ihrer Arbeit werden durch die Lernenden vor dem Hintergrund der Ausgangsfrage, der experimentellen Rahmenbedingungen und der zugrunde gelegten Modellvorstellung geprüft. Die Verknüpfung gewonnener Erkenntnisse mit bereits geläufigen Konzepten, Modellen und Theorien führt zur Fähigkeit, chemische Phänomene auch im Alltag zu erkennen und zu erklären und zu den Basiskonzepten in Beziehung zu setzen. Dadurch wird ein Beitrag für die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Weltverständnisses geleistet. In diesem Zusammenhang entwickeln die Lernenden ein Verständnis zur Rolle und Bedeutung der Wissenschaft Chemie im Verbund der Naturwissenschaften, erkennen Ähnlichkeiten in den Denk- und Arbeitsweisen, aber auch chemiespezifische Besonderheiten.

E 1: Erkenntnisse mithilfe von Experimenten gewinnen

Die Lernenden...

- E 1.1 erkennen und entwickeln Fragestellungen und Hypothesen, die mithilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten bzw. zu prüfen sind;
- E 1.2 planen Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen und führen diese fachgerecht durch;
- E 1.3 vollziehen eigene und fremde Untersuchungen, qualitative und quantitative Experimente mit Blick auf die zu klärende Fragestellung nach;
- E 1.4 erheben relevante Daten im Rahmen von Untersuchungen insbesondere in chemischen Experimenten – auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge;
- E 1.5 beschreiben in erhobenen oder recherchierten Daten Trends, Strukturen und Zusammenhänge, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen – auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge.

E 2: Modelle im Rahmen der Erkenntnisgewinnung nutzen

Die Lernenden...

- E 2.1 unterscheiden zwischen Sach- und Denkmodellen;
- E 2.2 erkennen Modelle und Modellexperimente als notwendige Hilfsmittel zur Erklärung und Vorhersage von Vorgängen auf der submikroskopischen Ebene;
- E 2.3 beschreiben mithilfe von Struktur- und Bindungsmodellen den submikroskopischen Aufbau der Materie;
- E 2.4 wenden mathematische Modelle zur Beschreibung chemischer Sachverhalte an;
- E 2.5 wählen Modelle zur Erklärung chemischer Sachverhalte aus;
- E 2.6 diskutieren Aussagen und Passung von Modellen.

E 3: Erkenntnisprozesse reflektieren

Die Lernenden...

- E 3.1 kennen und unterscheiden deduktive und induktive Wege naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung;
- E 3.2 erkennen das Denken in Modellen und das Experimentieren als zentrale Methoden der Erkenntnisgewinnung in der Chemie;
- E 3.3 benennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Chemie, Physik und Biologie;
- E 3.4 beschreiben exemplarisch den wechselseitigen Einfluss von gesellschaftlich-sozialen Rahmenbedingungen und wissenschaftlichem Arbeiten;
- E 3.5 erkennen, dass sich naturwissenschaftliche Aussagen auf Basis neuer Informationen ändern können.

Kommunikationskompetenz

Im Bereich der Kommunikationskompetenz werden Fähigkeiten und Fertigkeiten beschrieben, die für einen sinnstiftenden Umgang mit fachbezogenen Informationen erforderlich sind. Die dazu erforderlichen Prozesse sind geprägt von der Notwendigkeit, chemische Fach- und Formelsprache verstehen und korrekt anwenden zu können sowie zwischen Alltagssprache und Fachsprache zu übersetzen. Dabei überprüfen die Lernenden Informationen daraufhin, ob die darin getroffenen Aussagen chemisch korrekt sind. Sie können ihre Positionen fachbasiert darstellen und

nutzen dazu ein breites Spektrum an Mitteln (z. B. verbal, symbolisch, mathematisch). Sie reflektieren, finden Argumente oder revidieren gegebenenfalls ihre Aussagen aufgrund der vorgetragenen Einwände.

Der Nutzung digitaler Medien und Werkzeuge kommt in diesem Kompetenzbereich eine hohe Bedeutung zu, indem diese sinnstiftend in Lernprozesse eingebunden werden bzw. ihr Einsatz kritisch reflektiert wird.

K 1: Informationen erschließen

Die Lernenden...

- K 1.1 recherchieren zu chemischen Sachverhalten in unterschiedlichen, auch digitalen, Quellen;
- K 1.2 prüfen Darstellungen in Medien hinsichtlich ihrer fachlichen Richtigkeit;
- K 1.3 wählen mit Blick auf die Fragestellung relevante Informationen aus.

K 2: Informationen aufbereiten

Die Lernenden...

- K 2.1 stellen Zusammenhänge zwischen Alltagsphänomenen und chemischen Sachverhalten her;
- K 2.2 wählen aus, auf welche Weise fachliche Inhalte sach-, adressaten- und situationsgerecht weitergegeben werden;
- K 2.3 überführen Alltags-, Fach- und Formelsprache, Modelle und/oder andere Repräsentationen – auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge – ineinander;
- K 2.4 nutzen die Formelsprache als ein Werkzeug der Verknüpfung zwischen makroskopischer und submikroskopischer Ebene.

K 3: Informationen austauschen und diskutieren

Die Lernenden...

- K 3.1 dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer fachlichen Arbeit, Überlegung oder Recherche adressatenbezogen auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge;
- K 3.2 beschreiben, veranschaulichen oder erklären chemische Sachverhalte strukturiert;
- K 3.3 argumentieren fachlich folgerichtig;
- K 3.4 vertreten ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten fachlich begründet und reflektieren Einwände;
- K 3.5 beachten die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Bewertungskompetenz

Die Kenntnis und Reflexion der Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik, Individuum und Gesellschaft gehören zum Bereich der Bewertungskompetenz. Eine besondere Bedeutung kommt dabei dem Abwägen von Handlungsoptionen unter Berücksichtigung von Bewertungskriterien aus fachlicher Perspektive zu. Dabei ist es fundamental, entsprechende chemische Sachverhalte aus der Perspektive aller drei Basiskonzepte zu betrachten. Durch die Auswahl geeigneter Themen können die Lernenden Vernetzungen der Chemie in Lebenswelt, Alltag, Umwelt, Wissenschaft und Technik erkennen und hinsichtlich ihrer Bedeutung und Anwendung bewerten. Die gezielte Auswahl chemierelevanter Kontexte ermöglicht es den Lernenden, Fachkenntnisse auf neue vergleichbare Fragestellungen zu übertragen, Probleme in realen Situationen zu erfassen, Interessenkonflikte auszumachen, mögliche Lösungen zu erwägen, deren Konsequenzen zu diskutieren und Handlungsoptionen abzuleiten.

Bei der Betrachtung gesellschaftsrelevanter Themen aus unterschiedlichen Perspektiven erkennen die Lernenden, dass Problemlösungen von Sach- und Wertentscheidungen abhängig sind. Sie werden befähigt, Argumente auf ihren sachlichen Anteil zu prüfen und Entscheidungen sachgerecht, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst zu treffen.

B 1: Sachverhalte und Informationen kriteriengeleitet bewerten.

Die Lernenden...

- B 1.1 unterscheiden zur Bewertung von Sachverhalten und Informationen unterschiedliche Kriterien (z. B. naturwissenschaftlich, ökonomisch, normativ, sozial);
- B 1.2 nutzen zur Bewertung von Sachverhalten und Informationen naturwissenschaftliche Kriterien und setzen diese zu anderen Kriterien in Beziehung;
- B 1.3 diskutieren und bewerten Aspekte gesellschaftsrelevanter Fragen und Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven.

B 2: Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Lernenden...

- B 2.1 nutzen zur Entwicklung von Handlungsoptionen naturwissenschaftliche Kriterien, setzen diese zu anderen Kriterien in Beziehung und wägen diese ab;
- B 2.2 treffen begründete Entscheidungen unter Berücksichtigung fachlicher Kriterien;
- B 2.3 leiten auf der Grundlage von Informationen zu Gefahren und zur Sicherheit beim Umgang mit Chemikalien und Geräten angemessene Maßnahmen ab;
- B 2.4 bewerten die Bedeutung chemischer Kenntnisse für Anwendungsbereiche und Berufsfelder.

B 3: Entscheidungen und deren Folgen reflektieren

Die Lernenden...

- B 3.1 nutzen zur Reflexion von Entscheidungen naturwissenschaftliche Kriterien und setzen diese zu anderen Kriterien in Beziehung;
- B 3.2 analysieren Entscheidungen in Hinblick auf Handlungsergebnisse.

Basiskonzepte

Der Beschreibung von chemischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Chemie 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.

Das Fach Chemie ist im Besonderen durch die Beschreibung des Aufbaus und der Eigenschaften von Stoffen, ihren Reaktionen sowie energetischer Zusammenhänge gekennzeichnet, woraus die folgenden drei Basiskonzepte resultieren.

Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen

Die Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen bestimmen die Struktur und die Eigenschaften eines Stoffes und können daher durch ein Basiskonzept inhaltlich kohärent beschrieben werden. Dabei werden Phänomene auf der makroskopischen Ebene und deren Deutung auf der submikroskopischen Ebene konsequent unterschieden. In diesem Basiskonzept werden vor allem die folgenden Gesichtspunkte systematisch betrachtet:

- Stoffeigenschaften,
- Klassifizierung von Stoffen,
- Verwendungsmöglichkeiten,
- Atombau,
- chemische Bindung,
- Wechselwirkungen von Teilchen.

Konzept der chemischen Reaktion

Chemische Reaktionen werden in diesem Basiskonzept vor allem unter den folgenden Gesichtspunkten systematisch betrachtet:

- Kennzeichen chemischer Reaktionen,
- Beeinflussung chemischer Reaktionen,
- Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen,
- Donator-Akzeptor-Vorgänge.

Energiekonzept

Energetische Betrachtungen spielen eine wichtige Rolle zur Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen. In diesem Zusammenhang sind vor allem die folgenden Aspekte bedeutsam:

- Energieformen und -umwandlung,
- endotherme und exotherme Reaktionen,
- Wirkung von Katalysatoren.

Verbindliche inhaltliche Aspekte

Die Liste verbindlicher inhaltlicher Aspekte dient dazu, einen einheitlichen Grundstock an Inhalten und Konzepten zu benennen, an denen die in den Bildungsstandards für das Fach Chemie definierten Kompetenzen erlernt und überprüft werden können. Da die Basiskonzepte des Fachs Chemie in allen Kompetenzbereichen bedeutsam sind, wurden sie zur Strukturierung der verbindlichen inhaltlichen Aspekte gewählt. Die Liste der inhaltlichen Aspekte ist bewusst auf einem mittleren Grad der Detailliertheit formuliert, so dass Aufgaben zur Überprüfung der Bildungsstandards ableitbar sind. Mit den aufgeführten inhaltlichen Aspekten ist dabei immer der einfachste Fall gemeint; landesspezifische Ergänzungen und Präzisierungen können vorgenommen werden.

Aufbau und Eigenschaften von Stoffen und Teilchen

- Stoffeigenschaften inkl. elektrischer Leitfähigkeit und Löslichkeit; pH-Wert von Lösungen
- Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren
- Reinstoffe und Stoffgemische, Elemente und Verbindungen als Ordnungssysteme auf der makroskopischen Ebene
- Einfluss äußerer Bedingungen auf Aggregatzustände
- das Periodensystem der Elemente als Ordnungssystem auf makroskopischer und submikroskopischer Ebene
- ein differenziertes Atommodell, das dazu geeignet ist, Reaktionen vorherzusagen und Beziehungen zwischen der Struktur von Teilchen und den Eigenschaften von Stoffen zu beschreiben
- Ionengitter und räumliche Struktur von Molekülen
- Ionenbindung, Elektronenpaarbindung und Metallbindung als Bindungstypen und Ordnungssystem auf submikroskopischer Ebene
- Partialladungen, permanente Dipole und Ladungen als Ursache von Wechselwirkungen zwischen Teilchen
- Denkmodelle, sächliche Darstellung von Denkmodellen sowie Sachmodelle zur Beschreibung chemischer Phänomene und Vorgänge auf submikroskopischer Ebene

Chemische Reaktion

- Kennzeichen chemischer Reaktionen, Massen- und Energieerhaltung
- einfache stöchiometrische Betrachtungen als mathematische Modellierung des Reaktionsgeschehens
- Säure-Base-Reaktionen und Redoxreaktionen als Donator-Akzeptor-Vorgänge
- Löseprozesse von Salzen als chemische Reaktionen
- Beeinflussung chemischer Reaktionen durch Variation der Temperatur

Energie

- Unterscheidung von chemischer Energie, elektrischer Energie, thermischer Energie und Strahlungsenergie
- Energieschemata als Möglichkeit der Beschreibung des energetischen Verlaufs von Reaktionen
- Betrachtung des Energieaustauschs zwischen Reaktionssystem und Umgebung
- exotherme und endotherme Reaktionen, Katalyse und Aktivierungsenergie als Aspekte des energetischen Verlaufs von chemischen Reaktionen

Anforderungsbereiche

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

Anforderungsbereich I umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten 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.