



**KULTUSMINISTER  
KONFERENZ**

**Kerncurriculum  
für die gymnasiale Oberstufe  
an Deutschen Schulen im Ausland  
im Fach Chemie**

Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.03.2024

# Inhalt

Vorwort.....	4
1 Vorbemerkung.....	5
2. Leitgedanken.....	7
2.1 Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften.....	7
2.2 Kompetenzmodell der Naturwissenschaften.....	8
2.3. Bildungsbeitrag des Faches Chemie .....	9
3. Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Chemie .....	11
3.1 Sachkompetenz .....	11
3.1.1 Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen .....	11
3.1.2 Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen .....	11
3.1.3 Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären.....	12
3.1.4 Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben .....	12
3.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz.....	13
3.2.1 Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden.....	13
3.2.2 Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen .....	13
3.2.3 Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren .....	14
3.3 Kommunikationskompetenz .....	15
3.3.1 Informationen erschließen .....	15
3.3.2 Informationen aufbereiten .....	15
3.3.3 Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren.....	16
3.4 Bewertungskompetenz.....	17
3.4.1 Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen .....	17
3.4.2 Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen .....	17
3.4.3 Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren .....	18
3.5 Basiskonzepte.....	19
3.5.1 Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen .....	19
3.5.2 Konzept der Chemischen Reaktion .....	19
3.5.3 Energiekonzept.....	19
4. Curriculum im Fach Chemie .....	20
4.1 Eingangsvoraussetzungen .....	20
4.1.1 Leitlinie: Stoffe und ihre Eigenschaften .....	20
4.1.2 Leitlinie: Stoffe und ihre Teilchen .....	21

4.1.3	Leitlinie: Chemische Reaktionen .....	21
4.1.4	Leitlinie: Ordnungsprinzipien .....	22
4.1.5	Leitlinie: Arbeitsweisen.....	22
4.1.6	Leitlinie: Umwelt und Gesellschaft.....	23
4.2	Inhalte und konkretisierte Kompetenzerwartungen für die Qualifikationsphase .....	24
4.2.1	Energetik.....	24
4.2.2	Gleichgewichtsreaktionen .....	25
4.2.3	Protonenübergänge.....	25
4.2.4	Elektronenübergänge.....	26
4.2.5	Organik .....	27
4.2.6	Naturstoffe .....	28

## **Vorwort**

Die Kultusministerkonferenz hat im Juni 2020 die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik verabschiedet. Daraus leitete sich die Aufgabe ab, die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife analog zu den entsprechenden Maßnahmen in allen Ländern in der Bundesrepublik Deutschland auch in den Deutschen Schulen im Ausland als Grundlage der fachspezifischen Anforderungen für die Allgemeine Hochschulreife in den o. g. Fächern zu übernehmen.

Das „Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe der Deutschen Schulen im Ausland im Fach Biologie, Chemie, Physik“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 29.04.2010) wurde daher in der Verantwortung des Bund-Länder-Ausschusses für schulische Arbeit im Ausland (BLASchA) in Zusammenarbeit mit Fachexpertinnen und Fachexperten der Länder in den naturwissenschaftlichen Fächern strukturell und inhaltlich an die „Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife“ in diesen Fächern angepasst. Die Darstellung erfolgt nun wie bei den Bildungsstandards in einzelnen Fächern, um den Besonderheiten der Fächer Rechnung zu tragen, jedoch mit einheitlicher Gliederung. Soweit wie möglich wurde auch versucht, einheitliche Konzepte und Begriffe zu verwenden.

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe an Deutschen Schulen im Ausland im Fach Chemie wurde am 01.03.2024 durch die Kultusministerkonferenz in der neuen Fassung beschlossen.

Dieses Kerncurriculum stellt die verbindliche Grundlage für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe und für die Erstellung von Prüfungsaufgaben für das Regionalabitur an den Deutschen Schulen im Ausland dar.

Das Kerncurriculum gilt für Deutsche Schulen im Ausland und Deutsche Abteilungen an Schulen im Ausland, die zur allgemeinen Hochschulreife führen.

## 1 Vorbemerkung

Der Auftrag einer zeitgemäßen schulischen Bildung geht über die Vermittlung von Wissen hinaus. Er zielt auf Persönlichkeitsentwicklung und Weltorientierung, die sich aus der Begegnung und Beschäftigung mit zentralen Aspekten des kulturellen Lebens ergeben. Lernende sollen in die Lage versetzt werden, ihr berufliches und privates Leben verantwortungsbewusst zu gestalten und am kulturellen, gesellschaftlichen und politischen Leben teilzunehmen.

In diesem Zusammenhang vermitteln die Lehrkräfte an den Deutschen Schulen im Ausland und Deutschen Abteilungen die deutsche Sprache und Kultur sowie ein wirklichkeitsgerechtes Deutschlandbild. Unterrichtsziel ist es unter anderem, Interesse und Aufgeschlossenheit für die Kultur, die Geschichte und die Politik der Bundesrepublik Deutschland zu wecken und zur Verständigung zwischen Bürgerinnen und Bürgern des Sitzlandes und Deutschlands aktiv beizutragen. Vor dem Hintergrund der auswärtigen Kultur- und Bildungspolitik geht es in besonderem Maße um den Erwerb interkultureller und kommunikativer Kompetenz.

Kompetenzen beschreiben Dispositionen zur Bewältigung bestimmter Anforderungen. Solche Kompetenzen sind fach- und lernbereichsspezifisch ausformuliert, da sie an bestimmten Inhalten erworben werden. Es gehört auch zu den Zielen schulischer Bildung, sprachliche, kommunikative, methodische, soziale und personale Kompetenz zu vermitteln. Die verschiedenen Kompetenzen stehen dabei in keinem hierarchischen Verhältnis zueinander; sie bedingen, durchdringen und ergänzen sich gegenseitig.

Insbesondere in der gymnasialen Oberstufe erwerben Lernende das allgemeine und fachspezifische Wissen und Können für eine erfolgreiche Gestaltung ihrer Zukunft und werden auf Ausbildung, Studium und Beruf vorbereitet. Im Sinne einer wissenschaftspropädeutischen Bildung ist der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe ausgerichtet auf den Erwerb fachlich-methodischer Kompetenzen und die Einführung in wissenschaftliche Fragestellungen, Modelle und Verfahren.

Im Unterricht der gymnasialen Oberstufe geht es darüber hinaus um die Beherrschung von Arbeitsweisen zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien. Mittels Strategien, die Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit sowie Team- und Kommunikationsfähigkeit unterstützen, sollen die Lernenden in die Lage versetzt werden, in zunehmender Weise Verantwortung für ihr Handeln zu übernehmen.

Diese Zielsetzungen machen es erforderlich, dass Lehrkräfte sich im Sinne eines zeitgemäßen Unterrichts gezielt, auf die Bedürfnisse der jeweiligen Situation und Lerngruppe bezogen, für passende Arbeits- und Unterrichtsformen entscheiden.

Die Kerncurricula Biologie, Chemie und Physik zielen auf eine ganzheitliche Bildung im Sinne der Kompetenzorientierung und folgen einem einheitlichen naturwissenschaftlichen Modell. Sie definieren vor dem Hintergrund der „Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss“ sowie der „Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife“ klare und überprüfbare Anforderungen an die Lernenden sowie Kompetenzen und Inhalte, über die die Lernenden jeweils zu Beginn und am Ende der Qualifikationsphase verfügen sollen.

Mit dem Ziel, die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife möglichst genau und umfassend abzubilden, sind deren Formulierungen und Inhalte übernommen worden. Dies betrifft die einleitenden Ausführungen und die im Abschnitt 3 aufgeführten Kompetenzbereiche

im jeweiligen Fach. Die Ausführungen im Kerncurriculum stellen die wesentliche Grundlage zur Entwicklung eigener Schulcurricula dar.

Abschnitt 4 ist untergliedert in Eingangsvoraussetzungen und das eigentliche Curriculum der Qualifikationsphase. Die im Abschnitt 4.2 aufgeführten Inhalte und konkretisierten Kompetenzerwartungen für die Qualifikationsphase sind didaktisch auf die Entwicklung von Curricula ausgerichtet und verknüpfen die im Abschnitt 3 benannten Kompetenzen mit den konkreten inhaltlichen Anforderungen. Dabei werden den unter den Inhaltsfeldern aufgeführten verbindlichen konkretisierten Kompetenzerwartungen in Klammersetzungen exemplarisch Standards zugewiesen. Im Falle der Ausgestaltung eines schulinternen Curriculums kann in Einzelfällen ggfs. davon abgewichen werden, sofern gewährleistet wird, dass alle in Abschnitt 3 aufgeführten Bildungsstandards berücksichtigt werden und somit bis zum Ende der Q-Phase entwickelt werden.

In den Bildungsgängen an den Deutschen Schulen im Ausland, die zur Allgemeinen Hochschulreife führen, ist in den Naturwissenschaften der Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau mit zwei oder drei Wochenstunden vorgegeben. Daher definiert das vorliegende Kerncurriculum die fachbezogenen Kompetenzen für den Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau.

In einem nächsten Schritt erarbeiten die Schulen ihre eigenen Schulcurricula, auf deren Grundlage der Unterricht und die Abiturprüfungen gestaltet werden. Für die Berücksichtigung schulspezifischer Besonderheiten wurde Raum gelassen, der sowohl für Vertiefungen als auch für landestypische Ergänzungen genutzt werden kann. Als Grundlage für die Gestaltung von Abituraufgaben in regionalen Zusammenschlüssen ist es erforderlich, die Schulcurricula regional abzustimmen. Das vorliegende Kerncurriculum bietet hierfür die geeignete und verbindliche Grundlage.

## **2. Leitgedanken**

### **2.1 Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften**

Die Allgemeine Hochschulreife umfasst eine vertiefte Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung. Die naturwissenschaftlichen Fächer leisten dazu einen wesentlichen Beitrag durch die Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz der Lernenden auf Basis der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss.

Naturwissenschaften prägen durch ihre Denk- und Arbeitsweisen, Erkenntnisse und die daraus resultierenden Anwendungen grundlegend unsere moderne Gesellschaft und kulturelle Identität sowie die globale ökologische, ökonomische und soziale Situation. Sie sind von fundamentaler Bedeutung für das Verständnis unserer Welt und leisten einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Die Naturwissenschaften bilden die Basis für eine Vielzahl von Berufen, Ausbildungswegen, Studiengängen und Forschungsgebieten.

Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und deren Anwendung in Gebieten wie Gesundheit, Ernährung, Klima und Technik hat Einfluss auf ökologische, ökonomische und soziale Systeme. Das Erkennen, Einordnen, Bewerten und Berücksichtigen möglicher Folgen für ökologische, ökonomische und soziale Systeme ist für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe notwendig und erfordert naturwissenschaftliche Kompetenz.

Naturwissenschaftliche Kompetenz schließt das systematische Erfassen, Beschreiben und Erklären von Phänomenen in Natur und Technik ein. Für das Verständnis der Naturwissenschaften ist es zudem notwendig, deren Fachsprachen zu beherrschen und Historie zu kennen. Insofern ist naturwissenschaftliche Kompetenz auch mit sprachlicher und kultureller Bildung verbunden.

Naturwissenschaftliche Kompetenz bedeutet Vertiefung, Erweiterung und Vernetzung der vorhandenen Kompetenzen der Lernenden und eine Metaperspektive auf die Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften. Dazu zählen:

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

- zu erkennen und zu reflektieren, wie Naturwissenschaften und Technik unsere Umwelt in materieller, intellektueller und kultureller Hinsicht stetig verändern;
- gesellschaftliche Folgen von Entscheidungen, die in naturwissenschaftlichen Kontexten und deren Anwendungszusammenhängen getroffen wurden, anhand von Kriterien zu beurteilen.

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

## 2.2 Kompetenzmodell der Naturwissenschaften

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

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

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

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

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

Die **Bewertungskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet

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

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

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

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

### **2.3. Bildungsbeitrag des Faches Chemie**

Die Naturwissenschaft Chemie beschäftigt sich mit dem Aufbau, den Eigenschaften und der Umwandlung von Stoffen auch unter energetischen Aspekten. Das Experiment ist dabei von zentraler Bedeutung. Die Chemie beschreibt die stoffliche Welt unter besonderer Berücksichtigung der chemischen Reaktion als Einheit aus Stoff- und Energieumwandlung durch Teilchen- und Strukturveränderungen und Umbau chemischer Bindungen. Kennzeichnend sind dabei die wechselnde Betrachtung von Stoffen und Stoffumwandlungen sowohl auf der Stoff- als auch auf der Teilchenebene sowie die Verknüpfung beider Ebenen zur Erklärung von Phänomenen und Sachverhalten. Die Chemie entwickelt und nutzt dazu Theorien und Modelle über die Struktur der Materie und über den Ablauf von Stoffumwandlungen sowie die damit einhergehenden Energieumsätze. Sie liefert den Lernenden einen fachlichen Zugang für die Beurteilung von historischen, aktuellen und zukünftigen Umwelt-, Verbraucher-, Ressourcen- oder Alltagsfragen, von kulturellen und technischen Entwicklungen. Darüber hinaus ist die Chemie für die ökologische und ökonomische Entwicklung unserer Gesellschaft und als Grundlage vieler Berufe von besonderer Bedeutung.

Der Chemieunterricht hat das Ziel, die Lernenden in die Lage zu versetzen, Phänomene auf der Grundlage vertiefter Kenntnisse über den Aufbau der Stoffe und deren Umwandlung zu erklären, zu bewerten, und dabei adressatengerecht zu kommunizieren. Von den Lernenden werden zu diesem Zweck im Chemieunterricht Phänomene beobachtet und beschrieben, Fragestellungen formuliert, Hypothesen gebildet, Experimente und Untersuchungen durchgeführt sowie Daten erfasst und interpretiert. Die Lernenden nutzen darüber hinaus geeignete Modelle, um Hypothesen zu prüfen oder experimentelle Ergebnisse zu interpretieren. Durch Nutzung von Modellen trägt der Chemieunterricht zur Entwicklung der

Fähigkeiten des abstrakten Denkens bei. Dem kriterien- und theoriegeleiteten Argumentieren und dem Strukturieren fachwissenschaftlicher Erkenntnisse kommen dabei eine besondere Bedeutung zu. Dies ermöglicht den Lernenden zum einen die experimentell erfahrbare Aneignung und Anwendung fachlicher Inhalte, die durch Basiskonzepte strukturiert und systematisiert werden. Zum anderen können Erkenntnisse aus dem Chemieunterricht genutzt werden, um Sachverhalte aus der Perspektive der Chemie zu bewerten.

Der Chemieunterricht vertieft unter Nutzung der Basiskonzepte das Verständnis vom Aufbau der Stoffe und von Stoff- und Energieumwandlungen in der belebten und unbelebten Natur sowie in der Technik auch unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit. In diesen Zusammenhängen sind das selbstständige, sicherheitsgerechte Experimentieren und die korrekte Verwendung von Fachsprache, Mathematisierungen und digitalen Werkzeugen unverzichtbar.

Der Chemieunterricht leistet einen Beitrag zur sozialen, ökonomischen und ökologischen Bildung. Gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen sowie Umweltaspekte sind regional und global eng verknüpft mit chemischen Sachverhalten. Die Lernenden gehen in ihrer Lebenswelt täglich mit vielen unterschiedlichen Produkten der chemischen Industrie um. Das Spektrum reicht dabei von einfachen Alltagschemikalien über Kosmetika und Pharmazeutika bis hin zu modernen Textilien und Werkstoffen. Themen der Umweltzerstörung und des Umweltschutzes haben fast ausnahmslos auch einen chemischen Kontext und werden gesellschaftlich und politisch stark diskutiert. Es ist daher unabdingbar, dass die Lernenden ein chemisches Grundverständnis der Eigenschaften von Stoffen und Produkten und insbesondere möglicher persönlicher wie auch ökologischer Gefährdungen durch diese entwickeln. Insbesondere die gesundheitliche, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Einschätzung und Bewertung von Stoffen und Sachverhalten fordert eine Kompetenzentwicklung der Lernenden im Fach Chemie.

Die Chemie bietet der Gesellschaft enorme Möglichkeiten der Entwicklung in allen Lebens- und Umweltbereichen. Damit geht in hohem Maße die gesellschaftliche Aufforderung einher, sich mit den Entwicklungen und Erzeugnissen der Chemie kritisch auseinanderzusetzen, die Chancen, Grenzen und Risiken zu diskutieren und nachhaltige Entwicklungen zu fördern.

### **3. Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Chemie**

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase erwerben sollen.

Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert.

#### **3.1 Sachkompetenz**

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

Im Bereich der Sachkompetenz ist es wichtig, nicht nur das erworbene Wissen nachzuweisen, sondern es sowohl im Fach Chemie als auch fachübergreifend in unterschiedlichen Zusammenhängen und auf verschiedene Problemstellungen anwenden zu können. Im Mittelpunkt steht hierbei die modellhafte Deutung beobachtbarer Phänomene auf Teilchenebene. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Konzepte und Theorien werden zum Strukturieren von Inhalten und Problemstellungen genutzt, um dadurch die fachliche Perspektive auf Phänomene deutlich zu machen sowie diese aus chemischer Sicht zu interpretieren und zu verstehen. Dazu sind eigenständige fachliche Konstruktionsprozesse und eine Vernetzung von Theorien und Konzepten notwendig. Das Charakteristische der chemischen Betrachtungsweise sind qualitativ-modellhafte und quantitativ-mathematische Beschreibungen der Phänomene.

##### **3.1.1 Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen**

Die Lernenden ...

- S1 beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an;
- S2 leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten begründet ab;
- S3 interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen;
- S4 bestimmen Reaktionstypen;
- S5 beschreiben Stoffkreisläufe in Natur oder Technik als Systeme chemischer Reaktionen.

##### **3.1.2 Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen**

Die Lernenden ...

- S6 unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene;
- S7 beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das dynamische Gleichgewicht und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden diese an;

- S8 beschreiben Einflussfaktoren auf chemische Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren;
- S9 erklären unterschiedliche Reaktivitäten und Reaktionsverläufe;
- S10 nutzen chemische Konzepte und Theorien zur Vernetzung von Sachverhalten innerhalb der Chemie sowie mit anderen Unterrichtsfächern.

### **3.1.3 Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären**

Die Lernenden ...

- S11 erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen;
- S12 deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen;
- S13 nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und intermolekularen Wechselwirkungen;
- S14 beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen;
- S15 grenzen mithilfe von Modellen den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab.

### **3.1.4 Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben**

Die Lernenden ...

- S16 entwickeln Reaktionsgleichungen;
- S17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.

## **3.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz**

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren. Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz ist es wichtig, nicht nur das Experimentieren als chemische Untersuchungsmethode zu kennen und Experimente zur Datengewinnung nutzen zu können, sondern auch Modelle sachgerecht zur Beschreibung eines Phänomens oder zur Gewinnung von Erkenntnissen einsetzen zu können. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Experimente und Modelle werden eingesetzt, um durch theoriegeleitete Beobachtungen entwickelte weiterführende Fragestellungen und Hypothesen zu überprüfen und um Sachverhalte zu untersuchen. Die experimentellen Ergebnisse und die aus Modellen abgeleiteten Annahmen werden vor dem Hintergrund der theoretischen Erkenntnisse interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess reflektiert. Auf einer Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisiert und von nicht-naturwissenschaftlichen abgegrenzt.

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

Die Lernenden ...

- E1 leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab;
- E2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu chemischen Sachverhalten;
- E3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf;

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

Die Lernenden ...

- E4 planen, ggf. unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen, Aussagen oder Theorien;
- E5 führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus;
- E6 nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten, für Berechnungen, Modellierungen und Simulationen;
- E7 wählen geeignete Real- oder Denkmodelle (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente) aus und nutzen sie, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.

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

Die Lernenden ...

- E8 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen;
- E9 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen;
- E10 reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung;
- E11 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

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

Die Lernenden ...

- E12 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

### **3.3 Kommunikationskompetenz**

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

Chemisch kompetent Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. Im Bereich der Kommunikationskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, fachlich richtige Sätze zu Aufgabenstellungen zu formulieren, sondern auch fachlich und fachsprachlich richtig mit chemiebezogenen analogen und digitalen Informationsmaterialien umzugehen und unterschiedliche Repräsentationsformen adressatengerecht einzusetzen. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Fachsprache und andere fachspezifische Repräsentationsformen wie chemische Formeln und Reaktionsgleichungen werden erlernt, um Inhalte aus unterschiedlichen Medien zu erschließen, sie fachgerecht und aufgabenbezogen aufzubereiten und um situationsangemessen agieren zu können. Hierzu zählt der Informationsaustausch im sozialen Umfeld genauso wie die Partizipation in einer wissenschaftlichen Diskussion auf einem angemessenen Niveau. Dazu müssen Aussagen – auch im historischen Kontext – differenziert wahrgenommen, Missverständnisse und Standpunkte geklärt und Lösungen angestrebt werden.

#### **3.3.1 Informationen erschließen**

Die Lernenden ...

- K1 recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- K2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu chemischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen;
- K3 prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen;
- K4 überprüfen die Vertrauenswürdigkeit verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand ihrer Herkunft und Qualität);

#### **3.3.2 Informationen aufbereiten**

Die Lernenden ...

- K5 wählen chemische Sachverhalte und Informationen sach-, adressaten- und situationsgerecht aus;
- K6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache;
- K7 nutzen geeignete Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander;
- K8 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.

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

Die Lernenden ...

- K9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt;
- K10 erklären chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig;
- K11 präsentieren chemische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien;
- K12 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate;
- K13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über chemische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt.

### **3.4 Bewertungskompetenz**

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

Im Bereich der Bewertungskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, Fakten zu vergleichen, sondern Sachverhalte und Informationen fachlich zu beurteilen und ggf. ethisch zu bewerten. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Um mit Informationen kritisch umgehen zu können, werden Quellen hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt. Hierfür ist Wissen über den Bewertungsprozess notwendig. Die Unterscheidung von wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Aussagen erfordert Kenntnisse formaler und inhaltlicher Kriterien zur Prüfung der Glaubwürdigkeit und zur Beurteilung des Einflusses von Werten, Normen und Interessen. Es geht darum, sich kriteriengeleitet eigene Meinungen zu bilden, Entscheidungen zu treffen und Handlungsoptionen abzuleiten. Dazu zählt z. B. bei der Beurteilung und Bewertung von Technologien ein Abwägen von Chancen und Risiken unter Berücksichtigung von Sicherheitsmaßnahmen. Hierbei reichen die Entscheidungsfelder vom eigenen täglichen Leben bis zu gesellschaftlich oder politisch relevanten globalen Entscheidungen.

Aus einer Metaperspektive heraus werden die Entscheidungsprozesse reflektiert und daraus entstehende Folgen abgeschätzt. Die Einbindung von Bewertungskompetenz in den Chemieunterricht erfordert, über die sachliche Beurteilung von naturwissenschaftlichen Aussagen hinauszugehen und fachlich relevante Handlungen und Entscheidungen aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive zu betrachten.

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

Die Lernenden ...

- B1 betrachten Aussagen, Modelle und Verfahren aus unterschiedlichen Perspektiven und beurteilen diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse;
- B2 beurteilen die Inhalte verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand der fachlichen Richtigkeit und Vertrauenswürdigkeit);
- B3 beurteilen Informationen und Daten hinsichtlich ihrer Angemessenheit, Grenzen und Tragweite;
- B4 analysieren und beurteilen die Auswahl von Quellen und Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors.

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

Die Lernenden ...

- B5 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;

- B6 beurteilen Chancen und Risiken ausgewählter Technologien, Produkte und Verhaltensweisen fachlich und bewerten diese;
- B7 treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen;
- B8 beurteilen die Bedeutung fachlicher Kompetenzen in Bezug auf Alltagssituationen und Berufsfelder;
- B9 beurteilen Möglichkeiten und Grenzen chemischer Sichtweisen;
- B10 bewerten die gesellschaftliche Relevanz und ökologische Bedeutung der angewandten Chemie;
- B11 beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab.

### **3.4.3 Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Lernenden ...

- B12 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse in historischen und aktuellen gesellschaftlichen Zusammenhängen;
- B13 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse sowie des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive;
- B14 reflektieren Kriterien und Strategien für Entscheidungen aus chemischer Perspektive.

### **3.5 Basiskonzepte**

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

Das Fach Chemie ist im Besonderen durch eine Betrachtung der Analyse und Synthese von Stoffen, der Beschreibung ihres Aufbaus und ihrer Eigenschaften und energetischer Zusammenhänge gekennzeichnet, woraus die folgenden drei Basiskonzepte resultieren. Sie beziehen sich auf die Struktur der Stoffe, deren Umwandlungen durch chemische Reaktionen und die damit einhergehenden energetischen Prozesse.

#### **3.5.1 Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen**

Insbesondere die Betrachtung sowohl auf der Stoffebene als auch auf der Teilchenebene hat dabei eine große Bedeutung und zeigt sich z. B. in den nachfolgend aufgelisteten Zusammenhängen. Innerhalb dieses Basiskonzeptes werden Typen der chemischen Bindung, Verbindungen mit funktionellen Gruppen, Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe sowie Natur- und Kunststoffe vorgestellt. Dabei soll auch der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften ausgewählter Stoffe und deren Verwendung hergestellt werden. Es werden Phänomene auf der Stoffebene und deren Deutung auf der Teilchenebene konsequent unterschieden.

#### **3.5.2 Konzept der Chemischen Reaktion**

Chemische Reaktionen spielen in der Chemie eine zentrale Rolle und werden in diesem Basiskonzept systematisch betrachtet: Donator-Akzeptor-Prinzipien bei Protonen- und Elektronenübergängen; Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie.

#### **3.5.3 Energiekonzept**

Energetische Betrachtungen spielen eine wichtige Rolle zur Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen. In diesem Zusammenhang ist die Beeinflussung von Reaktionsabläufen durch die Änderung energetischer Parameter bedeutsam. So können thermodynamische Prinzipien beim Ablauf chemischer und physikalisch-chemischer Vorgänge, kinetische Prinzipien beim Ablauf chemischer Reaktionen sowie Reaktionsverläufe auch mechanistisch betrachtet werden.

## 4. Curriculum im Fach Chemie

Die bis zum Mittleren Bildungsabschluss erworbenen Kompetenzen sind Voraussetzung für den Eintritt in die Qualifikationsphase. Deren Evaluierbarkeit und die Evaluation nach der Qualifikationsphase im Rahmen der Abiturprüfung erfordern einen entsprechenden Kompetenzerwerb. Im Sinne der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife sind Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz als Bausteine zu betrachten, die miteinander verflochten sind.

Der Anwendungs- und Lebensbezug soll mit möglichst vielen Beispielen in den Vordergrund gerückt werden. Das Experimentieren nimmt im gesamten Chemieunterricht eine zentrale Stellung ein und wird in methodischen Varianten vermittelt und reflektiert. Ein vielseitiger und kreativer Einsatz verschiedener Unterrichtsmethoden soll die Selbsttätigkeit der Lernenden fördern und unterschiedliche Lernwege ermöglichen. Dabei steigern Anschauung, Lebensnähe und Erlebnishaftigkeit ihre Motivation.

Für das Fach Chemie ist das Denken auf drei Ebenen, der Ebene der Phänomene (makroskopisch, z. B. Stoffe, Beobachtungen, Eigenschaften), der Ebene der Teilchen (submikroskopisch, z. B. Teilchen, Strukturen, Modelle) und der Ebene der Repräsentationsformen (z. B. Symbole, Reaktionsgleichungen) besonders typisch. Dieses Denken muss immer wieder geschult und angewendet werden. Um die teilweise komplexen Zusammenhänge zu vermitteln, bedarf es einer guten Strukturierung und oftmals einer sorgfältig gewählten didaktischen Reduktion.

### 4.1 Eingangsvoraussetzungen

Der Unterricht im Fach Chemie der Qualifikationsphase baut systematisch auf dem gesamten vorausgegangenen naturwissenschaftlichen Unterricht auf. Eingangsvoraussetzungen sind die mit den Leitlinien ausgewiesenen Kompetenzen.

#### 4.1.1 Leitlinie: Stoffe und ihre Eigenschaften

Die Lernenden ...

- geben wichtige Eigenschaften und Kombinationen von Eigenschaften ausgewählter Stoffe (Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Wasser, Wasserstoff, Chlor, Eisen, Kupfer, Silber, Magnesium, Natrium, Natriumchlorid, Natriumhydroxid, Magnesiumoxid) an [S1, K5, K6]
- beschreiben Nachweise wichtiger Stoffe beziehungsweise Teilchen (Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Wasser, Wasserstoff; saure, neutrale, basische Lösungen; Alken, Säurerest-Ionen) [S2, E4, K5, K6, K9, K10]
- geben Beispiele für basische und saure Lösungen (Natronlauge, Kalkwasser, Salzsäure, Kohlensäure, Lösung einer weiteren ausgewählten Säure) an [S1, K5, K6]
- beschreiben typische Eigenschaften ausgewählter organischer Stoffe (ein Alkan, ein Alken, ein Alkanol, ein Alkanal, eine Alkansäure, ein Ester) [S1, K5, K6]
- beschreiben Änderungen von Stoffeigenschaften innerhalb einer ausgewählten homologen Reihe [S2, K5, K8]

#### 4.1.2 Leitlinie: Stoffe und ihre Teilchen

Die Lernenden ...

- wenden ein Teilchenmodell zur Erklärung von Aggregatzuständen, Diffusions- und Lösungsvorgängen an [S15, E7, E9, K5, K7, K9, K10]
- stellen den Aufbau ausgewählter Stoffe dar und ordnen die entsprechenden Teilchenarten (Atom, Molekül, Ion) zu [S1, K7, K10]
- erläutern den Informationsgehalt einer chemischen Formel (Verhältnisformel, Molekülformel, Strukturformel) [S11, K9, K10]
- beschreiben das Kern-Hülle-Modell von Atomen (Protonen, Elektronen, Neutronen) und ein Erklärungsmodell für die energetisch differenzierte Atomhülle [S13, E7, E9, E11, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11]
- erläutern, wie positiv und negativ geladene Ionen entstehen (Elektronenübergänge, Edelgasregel) [S3, S12, E7, E8, E9, K9, K10]
- erklären die Ionenbindung und begründen damit typische Eigenschaften der Salze (Ionenkristalle) [S13, E7, E9, K5, K6, K7, K8, K9, K10]
- beschreiben die Metallbindung (Elektronengasmodell) und typische Eigenschaften der Metalle (Metallkristalle) [S2, S6, E7, K5, K6, K9]
- erläutern die Molekülbildung durch Elektronenpaarbindung unter Anwendung der Edelgasregel [S2, S12, E7, E9, K5, K6, K7, K8, K9, K10]
- erklären den räumlichen Bau von Molekülen mithilfe eines Modells (VSEPR-Modell) [S15, E7, E9, K5, K6, K7, K8, K9, K10]
- unterscheiden polare und unpolare Elektronenpaarbindungen (Elektronegativität) [S13, E7, K5, K8, K10]
- erläutern den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Dipol-Eigenschaft [S6, S12, E7, E9, K7, K8, K10]
- nennen die typischen Teilchen in sauren und basischen Lösungen (Oxonium-Ionen, Hydroxid-Ionen) [S4, K9]
- erklären die polare Eigenschaft von Wasser (räumlicher Bau des Wasser-Moleküls, Wasserstoffbrücken) [S10, E7, E9, K5, K6, K8, K9, K10]
- nennen und erklären intermolekulare Wechselwirkungen (Van-der-Waals- Wechselwirkungen, Dipol-Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken) [S13, E7, K5, K7, K9, K10]

#### 4.1.3 Leitlinie: Chemische Reaktionen

Die Lernenden ...

- formulieren Reaktionsschemata als qualitative Beschreibung von Stoffumsetzungen und Reaktionsgleichungen als stöchiometrische Beschreibung des Teilchenumsatzes [S16, K7]
- erläutern chemische Reaktionen unter stofflichen und energetischen Aspekten (endotherme und exotherme Reaktionen, Aktivierungsenergie) [S3, E7, E8, K5, K7, K8, K9, K10]
- wenden Massengesetze (Gesetz von der Erhaltung der Masse, Gesetz der konstanten Massenverhältnisse) an [S17, E8, K5, K10]

- erkennen und erläutern Säure-Base-Reaktionen und Redoxreaktionen als Donator-Akzeptor-Vorgänge [S7, E8, K10]
- nennen und erkennen ausgewählte organische Reaktionsarten (Addition, Substitution, Eliminierung) [S14, E8, K9]
- erläutern das Aufbauprinzip von Makromolekülen an einem Beispiel [S1, S2, E7, K9, K10]

#### 4.1.4 Leitlinie: Ordnungsprinzipien

Die Lernenden ...

- erstellen ein sinnvolles Ordnungsschema zur Einteilung der Stoffe (z. B. Eigenschaften, Reaktionsverhalten, Teilchenart) [S1, E8, K11]
- ordnen bei wässrigen Lösungen die Fachausdrücke „sauer“, „basisch“, „neutral“ der pH-Skala zu [S10, E8, K9]
- erklären den Zusammenhang zwischen Atombau und Stellung der Atome im PSE (Ordnungszahl, Protonenanzahl, Elektronenanzahl, Massenzahl, Valenzelektronen, Hauptgruppe, Periode) [S1, E7, E9, K8, K9, K10]
- ordnen Verbindungen nach dem Bindungstyp (Metallbindung, Elektronenpaarbindung, Ionenbindung) [S13]
- wenden das Donator-Akzeptor-Prinzip am Beispiel von Elektronen- und Protonenübergängen an (Reaktion eines Metalls mit einem Nichtmetall, Elektrolyse einer Salzlösung, Reaktion von Chlorwasserstoff und einer weiteren Säure mit Wasser) [S7, E7, E9, K5, K7, K8, K9]
- ordnen organische Verbindungen mithilfe funktioneller Gruppen bzw. Strukturmerkmalen (z. B. Mehrfachbindung, Hydroxy-, Carboxy- und Ester-Gruppe) [S1, S2, K8]

#### 4.1.5 Leitlinie: Arbeitsweisen

Die Lernenden ...

- gehen sachgerecht mit Laborgeräten um und wenden die Sicherheitsmaßnahmen an [B11, E5]
- planen, führen durch und erklären Maßnahmen zum Brandschutz [E4, E5, E10, K11, B6, B11]
- führen unter Beachtung der Sicherheitsmaßnahmen einfache Experimente durch, beschreiben sie und werten sie aus [E4, E5, E6, E10, K10, B11]
- kennen die sachgerechte Beseitigung von Gefahrstoffen [B11]
- ermitteln Stoffeigenschaften experimentell (Schmelztemperatur, Siedetemperatur, Farbe, Geruch, Dichte, elektrische Leitfähigkeit, Löslichkeit) [E4, E5, E6]
- wenden bei chemischen Experimenten naturwissenschaftliche Arbeitsweisen an (Erfassung des Problems, Hypothese, Planung von Lösungswegen, Prognose, Beobachtung, Deutung und Gesamtauswertung, Verifizierung und Falsifizierung) [E1, E2, E3, E4, E5, E10, E12, K13, B11]

- führen ein einfaches quantitatives Experiment durch (Ermittlung eines Massenverhältnisses) [E4, E5, E6, S17, K11]
- führen einfache Experimente mit organischen Verbindungen durch (Oxidation eines Alkanols, Estersynthese) [E2, E3, E4, E5, K11]
- nutzen verschiedene Informationsquellen zur Ermittlung chemischer Daten [K1, K2, K3, K4, K5, B1, B2, B3, B4]
- erläutern wichtige Größen (Teilchenmasse, Stoffmenge, molare Masse, Stoffmengenkonzentration) [S10, K10]
- führen Berechnungen durch und achten dabei auf den korrekten Umgang mit Größen und deren Einheiten [S17, K5, K7]
- stellen Molekülstrukturen mit Modellen dar [S13, E7, E9, K7, K11]

#### 4.1.6 Leitlinie: Umwelt und Gesellschaft

Die Lernenden ...

- erkennen die chemischen Zusammenhänge bei Alltagsphänomenen [S10, E1, E2, B5, B12]
- erörtern die Bedeutung saurer, basischer und neutraler Lösungen für Lebewesen [S10, K5, K10, B6]
- erkennen die Bedeutung verschiedener Energieträger [S2, E8, K1, K2, K3, K4, B5, B7, B12]
- recherchieren zu alternativen Energieträgern und präsentieren die Ergebnisse adressatengerecht [S10, K1, K2, K3, K4, K5, K11, B6]
- erklären die Wiederverwertung eines Stoffes (Recycling) an einem Beispiel [K10, K11, B13]
- nennen exemplarisch Salze und geben ihre Bedeutung als z. B. Düngemittel an (Natrium-, Kalium-, Ammonium-Verbindungen, Chlorid, Sulfat, Phosphat, Nitrat) [S1, S2, K5]
- erläutern die Verwendung ausgewählter organischer Stoffe in Alltag oder Technik (Methan, Ethen, Ethanol, Ethansäure [K8, K10, B6, B7, B8, B10]
- stellen die chemischen Grundlagen für einen Stoffkreislauf in der belebten oder unbelebten Natur dar [K5, K10, K11, S5]
- erläutern die Bedeutung der nachwachsenden Rohstoffe (Rohstoffgewinnung und -verarbeitung) erläutern [K10, B1, B2, B3, B4]
- beurteilen an einem ausgewählten Stoff die schädlichen Wirkungen auf Luft, Gewässer oder Boden und zeigen Gegenmaßnahmen auf [S2, K5, K10, B1, B12]
- erläutern die Gefahren des Alkohols als Suchtmittel [K5, K10, B5, B6, B7, B8, B11]
- stellen am Beispiel eines Stoffes, der Gegenstand der aktuellen gesellschaftlichen Diskussion ist, die Bedeutung der Wissenschaft Chemie und der chemischen Industrie für eine nachhaltige Entwicklung dar [K11, K13, B12, B13, B14]

## 4.2 Inhalte und konkretisierte Kompetenzerwartungen für die Qualifikationsphase

Der Chemieunterricht in der Qualifikationsphase basiert auf den Eingangsvoraussetzungen des Faches Chemie.

Die Entwicklung der ausgewiesenen Kompetenzen soll innerhalb der im Folgenden aufgeführten Themenbereiche erfolgen. Die exemplarisch aufgeführten Inhalte sind so gewählt, dass dadurch eine fachliche Basiskompetenz entwickelt wird. In jeder Phase der inhaltlichen Erarbeitung ist eine möglichst umfassende Kompetenzorientierung anzustreben.

### 4.2.1 Energetik

Energetische Aspekte chemischer Reaktionen
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"><li>• 1. Hauptsatz der Thermodynamik</li><li>• Enthalpie</li><li>• Satz von Hess</li><li>• Katalyse</li></ul>
Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none"><li>▪ wenden den 1. Hauptsatz der Thermodynamik auf die Enthalpie an [S3, S17, K8, K9]</li><li>▪ berechnen molare und nichtmolare Größen mithilfe des Satzes von Hess [S17, K5, K9]</li><li>▪ untersuchen chemische Reaktionen unter energetischen Aspekten experimentell [E5, E10]</li><li>▪ interpretieren Ergebnisse von Berechnungen aufgabenbezogen und stellen diese in Diagrammen dar [K7, K8, K10]</li><li>▪ diskutieren Verbrennungsenthalpien von Wasserstoff, Erdgas, Benzin und Kohle und vergleichen deren Einsatz als Energieträger unter dem Aspekt der Energiewende [K5, K8, B5, B6, B13]</li><li>▪ untersuchen Eigenschaften von Katalysatoren und deren Wirkung auf chemische Reaktionen [E4, E5, E7]</li><li>▪ beschreiben Eigenschaften von Katalysatoren und deren Wirkung auf chemische Reaktionen [S8, S9, K5, K8]</li><li>▪ vergleichen Energiediagramme einer katalysierten und einer nicht katalysierten Reaktion und argumentieren folgerichtig [K7, K8, K10]</li><li>▪ bewerten Produkte und technische Verfahren (z. B. SCR-Technologie) hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit [B1, B6, B13, B14]</li></ul>

## 4.2.2 Gleichgewichtsreaktionen

Merkmale und technische Anwendung von Gleichgewichtsreaktionen
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reaktionsgeschwindigkeit</li><li>• chemisches Gleichgewicht</li><li>• Prinzip von Le Chatelier</li><li>• Massenwirkungsgesetz (<math>K_c</math>)</li></ul>
<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ erklären Reaktionsgeschwindigkeit und ihre Abhängigkeit von der Temperatur, der Konzentration [S7, S8, S10, S15, K5, K8, K10]</li><li>▪ erklären Beeinflussbarkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Reaktionsbedingungen mithilfe der Stoßtheorie (z. B. Simulation oder Animation) [S8, E7, K10]</li><li>▪ erklären an den Beispielen Ester-Gleichgewicht und Ammoniak-Synthese-Gleichgewicht die Bedingungen für die Einstellung eines dynamischen chemischen Gleichgewichts [S9, S15, K10]</li><li>▪ wenden das Massenwirkungsgesetz auf homogene Gleichgewichte an [S17]</li><li>▪ übertragen das Prinzip von Le Chatelier auf verschiedene Gleichgewichtsreaktionen [S7, S8, S10, K10]</li></ul>

## 4.2.3 Protonenübergänge

Säure-Base-Gleichgewichte
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Säure-Base-Konzept nach Brönsted</li><li>• Säure-Base-Konstanten</li><li>• pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von Säuren und Basen (bei vollständiger Protolyse)</li><li>• Säure-Base-Titration (mit Umschlagspunkt)</li></ul>
<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ definieren Säuren und Basen nach Brönsted [S2, S4, S6, E7, K9, K10]</li><li>▪ interpretieren Säure-Base-Konstanten bzw. Säure- und Basenexponent [S17, K10]</li><li>▪ beschreiben Protolysen mithilfe von Reaktionsgleichungen als Gleichgewichtsreaktionen [S15, S16, K7, K9]</li><li>▪ definieren den pH-Wert und berechnen pH-Werte für je eine starke Säure und Base [S17, K7, K9]</li><li>▪ führen ein Experiment zur Titration durch und ermitteln die Konzentration der Probelösung [S17, E5]</li></ul>

#### 4.2.4 Elektronenübergänge

##### Redoxreaktionen und elektrochemische Prozesse

Inhalte:

- Redoxreaktionen als Elektronenübergang
- elektrochemische Spannungsreihe
- Berechnung der Zellspannung
- elektrochemische Spannungsquellen
- Elektrolyse
- Korrosion

Die Lernenden ...

- erläutern an Redoxreaktionen in wässriger Lösung das Donator-Akzeptor-Konzept [S4, S6, S7, S13, E7, K5, K9, K10]
- formulieren mithilfe der elektrochemischen Spannungsreihe Reaktionsgleichungen zu Redoxreaktionen [S16, K2, K5, K7]
- erläutern am Beispiel der Reaktion von Permanganat-Ionen mit Eisen(II)-Ionen die Besonderheit der Redoxreaktionen von Nebengruppenelementen [S10, S12, K5, K10]
- beschreiben die Entstehung eines elektrochemischen Potentials und erklären Bedingungen für das Standardpotential [S2, S7, E7, K5, K7, K9, K10]
- erläutern den Zusammenhang zwischen elektrochemischer Spannungsreihe, Elektrodenpotential und Redoxreaktion [S3, E7, K5, K7, K9, K10]
- beschreiben den Aufbau einer galvanischen Zelle sowie die Funktion des Elektrolyten [K7, K9, K10]
- definieren die Anode als Ort der Oxidation und die Kathode als Ort der Reduktion [S3, K9, K10]
- bauen eine galvanische Zelle im Modellversuch und prüfen deren Funktion [S3, E4, E5]
- berechnen Potentialdifferenzen bei Standardbedingungen (Zellspannung) [S17]
- erläutern Aufbau und Wirkungsweise einer elektrochemischen Spannungsquelle z. B. herkömmlichen Batterie und einer Brennstoffzelle [S5, S15, S16, K6, K7, K9, K10]
- stellen die Funktionsweise wiederaufladbarer galvanischer Zellen am Beispiel des Bleiakkumulators dar [S7, S8, K6, K7, K9, K10]
- diskutieren mögliche Belastungen durch Batterien und Akkumulatoren für die Umwelt [K5, K10, B5, B6, B7, B9, B10]
- beschreiben Korrosion als elektrochemischen Prozess [S3, S10, E1, K8]
- diskutieren die wirtschaftliche Bedeutung des Korrosionsschutzes [K6, K8, B12, B13]
- erläutern eine Elektrolyse unter Anwendung des Donator-Akzeptor-Konzeptes [S7, S8, E7, K10]

## 4.2.5 Organik

### Ausgewählte organische Verbindungen und deren Reaktionen

#### Inhalte:

- radikalische Substitution
- elektrophile Addition
- Estersynthese
- Kunststoffsynthese
- moderne Werkstoffe
- Rohstoffgewinnung und -verarbeitung
- Recycling
- alternative Energieträger

#### Die Lernenden ...

- erklären den Zusammenhang zwischen der Struktur und den Eigenschaften für Alkanale, Alkansäuren und Ester [S2, K5, K8, K10]
- systematisieren Substitution, Addition und Eliminierung [S4, S10, K8]
- schließen aus den Beobachtungen der Reaktion eines flüssigen Alkans mit Brom auf den Reaktionsverlauf und erläutern diesen [S8, S9, E8, K10]
- erweitern und beschreiben ausgewählte Reaktionstypen auf Reaktionsmechanismen (SR – Alkane, AE – Alkene) [S12, S14, E8, K10]
- übertragen mechanistische Betrachtungen auf die Synthese eines Polymerisats [S14, K10]
- nutzen Animationen zur Beschreibung von Reaktionsmechanismen [S14, E6, K11]
- veranschaulichen Reaktionsmechanismen durch Schemata und wenden bewusst Fach- und Zeichensprache an [S14, K7, K9]
- erläutern die Herstellung und Verwendung von Kunststoffen exemplarisch [S10, S11, K10]
- betrachten Eigenschaften von Kunststoffen als Polymere im Vergleich zu Monomeren [S2, K8]
- diskutieren Vorteile und Nachteile der Verwendung von Kunststoffen sowie deren Recycling [S5, B12, B13, B14, E11]
- recherchieren gesellschaftliche Relevanz und Bedeutung der organischen Chemie in unterschiedlichen Quellen und Medien selbstständig und diskutieren im Sinne der Nachhaltigkeit [K1, K2, K3, K4, K11, K12, K13, B5, B6, B7]

#### 4.2.6 Naturstoffe

##### Fette, Kohlenhydrate, Proteine

###### Inhalte:

- Fette, Kohlenhydrate, Proteine
- Elektronenpaarbindung, Mehrfachbindungen
- Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy-, Estergruppe
- Aminogruppe
- inter- und intramolekulare Wechselwirkungen (einschließlich Ionen-Dipol-Wechselwirkungen)

###### Die Lernenden ...

- erkennen die Naturstoffgruppen Fette, Kohlenhydrate, Proteine an ihrer Molekülstruktur [S11, E8]
- stellen die Verknüpfung von Monomeren bei Kohlenhydraten oder Proteinen dar und erkennen die dabei ablaufenden Reaktionsarten [S13, E8, K10]
- beschreiben die Funktionen von Fetten oder Kohlenhydraten oder Proteinen in Lebewesen [S10, K10]
- beschreiben Säurerest-Ionen von Fettsäuren als Tensid-Anionen mit entsprechender Wirkung [S11, K10]
- leiten Regeln für eine gesunde, ausgewogene Ernährung ab [E11, K6, K8, B5, B6, B7, B10]
- führen Experimente zum Nachweis von z. B. Glucose, Stärke und Proteinen durch [S2, S3, E4, E5]