

# Rahmenlehrplan für die gymnasiale Oberstufe

## Teil C

### Chemie



---

## **Impressum**

### **Erarbeitung**

Dieser Rahmenlehrplan wurde vom Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM) erarbeitet.

### **Herausgeber**

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin;  
Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg

### **Gültigkeit**

Gültig ab Schuljahr 2022/23 hinsichtlich der Regelungen zur Einführungsphase in der gymnasialen Oberstufe. Der Rahmenlehrplan gilt für Schülerinnen und Schüler, die im Schuljahr 2022/23 in die Einführungsphase an Integrierten Sekundarschulen/Gemeinschaftsschulen/beruflichen Gymnasien/Kollegs/Abendgymnasien (Land Berlin) und an Gesamtschulen/beruflichen Gymnasien/Einrichtungen des Zweiten Bildungsweges (Land Brandenburg) eintreten.

Gültig ab Schuljahr 2023/24 hinsichtlich der Regelungen zur Qualifikationsphase in der gymnasialen Oberstufe. Der Rahmenlehrplan gilt für Schülerinnen und Schüler, die im Schuljahr 2023/24 in die Qualifikationsphase an Gymnasien/Integrierten Sekundarschulen/Gemeinschaftsschulen/beruflichen Gymnasien/Kollegs/Abendgymnasien (Land Berlin) und an Gymnasien/Gesamtschulen/beruflichen Gymnasien/Einrichtungen des Zweiten Bildungsweges (Land Brandenburg) eintreten.

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin; Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg 2021



<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/deed.de>

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften</b>	<b>5</b>
1.1	Kompetenzmodell der Naturwissenschaften	6
1.2	Bildungsbeitrag des Faches Chemie	7
<b>2</b>	<b>Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Chemie</b>	<b>9</b>
2.1	Eingangsvoraussetzungen	9
2.2	Abschlussorientierte Standards	9
2.2.1	Sachkompetenz	9
2.2.2	Erkenntnisgewinnungskompetenz	11
2.2.3	Kommunikationskompetenz	12
2.2.4	Bewertungskompetenz	13
2.3	Basiskonzepte	15
2.3.1	Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen	15
2.3.2	Konzept der chemischen Reaktion	15
2.3.3	Energiekonzept	16
<b>3</b>	<b>Themenfelder und Inhalte</b>	<b>17</b>
3.1	Wahlpflichtthemen für die Einführungsphase in der Jahrgangsstufe 11	17
3.1.1	Chemische Reaktionen quantitativ betrachtet	18
3.1.2	Vom Atom zur chemischen Verbindung	19
3.1.3	Säuren, Basen, Salze	20
3.1.4	Grundlagen der organischen Chemie	21
3.1.5	Organische Stoffe als Energielieferanten	23
3.1.6	Angewandte organische Chemie – Waschmittel	24
3.1.7	Analytische und instrumentelle Chemie	25
3.2	Themenfelder und Inhalte für die Qualifikationsphase	26
3.2.1	Proteine	27
3.2.2	Kunststoffe – problematische Alleskönner	30
3.2.3	Chemische Thermodynamik	34
3.2.4	Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse	38
3.2.5	Chemisches Gleichgewicht	41
3.2.6	Säure-Base-Reaktionen	44
3.2.7	Indikatorfarbstoffe	48
3.2.8	Redoxreaktionen	50
3.2.9	Elektrochemie	53



## 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 auch ein, Phänomene in Natur und Technik systematisch zu erfassen, zu beschreiben und zu erklären. Um Naturwissenschaften zu verstehen, ist es zudem notwendig, deren Fachsprachen zu beherrschen und deren Historie zu kennen. Insofern ist naturwissenschaftliche Kompetenz auch mit sprachlicher und kultureller Bildung verbunden. Naturwissenschaftliche Kompetenz bedeutet, die vorhandenen Kompetenzen der Lernenden zu vertiefen, zu erweitern und zu vernetzen; naturwissenschaftliche Kompetenz heißt aber auch, eine Metaperspektive auf die Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften einnehmen zu können. Zu diesen 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 wird somit in Auseinandersetzung mit übergreifenden Themen entwickelt und ist damit Teil einer vertieften allgemeinen Bildung.

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.

### 1.1 Kompetenzmodell der Naturwissenschaften

Das den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife zugrunde liegende **Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz** baut auf den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (MSA) auf. Es werden vier Kompetenzbereiche unterschieden:

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.

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 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.

## 1.2 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 kommt 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.





## 2 Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Chemie

### 2.1 Eingangsvoraussetzungen

Für einen erfolgreichen Kompetenzerwerb in der gymnasialen Oberstufe sollten die Schülerinnen und Schüler zu Beginn der Qualifikationsphase bestimmte fachliche Anforderungen bewältigen. Diese sind identisch mit den H-Standards des Rahmenlehrplans für die Jahrgangsstufen 1–10, Teil C Chemie. Die H-Standards setzen jeweils die Kompetenzen auf den vorgelegten Niveaustufen voraus. Den Lernenden ermöglichen sie, sich ihres Leistungsstandes zu vergewissern. Lehrkräfte nutzen sie für differenzierte Lernarrangements sowie zur individuellen Lernberatung.

### 2.2 Abschlussorientierte Standards

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase erwerben sollen. Diese werden sowohl im Grundkursunterricht wie auch in dem des Leistungskurses entwickelt.

Die Ansprüche des Grund- und die des Leistungskurses unterscheiden sich nach Umfang und Tiefe der gewonnenen Kenntnisse und dem Wissen über deren Verknüpfungen. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist, wie sehr Problemstellungen selbstgesteuert bearbeitet werden.

Das erhöhte Anforderungsniveau im Leistungskurs äußert sich im Chemieunterricht im Bereich der **Sachkompetenz** darin, dass bestimmte Sachverhalte in höherer Komplexität der verwendeten Modelle detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus nutzen Lernende auch eine umfangreichere und tiefere Mathematisierung.

Was die **Erkenntnisgewinnungskompetenz** anbelangt, so bedingt das erhöhte Anforderungsniveau im Leistungskurs eine höhere Komplexität der bearbeiteten Fragestellungen, Modelle und Experimente; vertieft reflektiert wird zudem der Prozess der Erkenntnisgewinnung. Auch die Vor- und Nachteile und die Aussagekraft verschiedener Mess- und Auswertungsverfahren werden tiefgründiger behandelt.

Ein umfangreicheres Fachvokabular, abstraktere Darstellungsformen – auch bei der Mathematisierung – und fachlich differenziertere Ausdrucksweisen bestimmen das erhöhte Anforderungsniveau im Leistungskurs mit Blick auf die **Kommunikationskompetenz**. Es müssen auch Fachtexte zu komplexeren Inhalten verstanden werden.

Hinsichtlich der **Bewertungskompetenz** ergibt sich das erhöhte Anforderungslevel im Leistungskurs daraus, dass mehr und komplexere Argumente mit Belegen zur Bewertung naturwissenschaftlicher Sachverhalte herangezogen werden. Auch müssen eigene Standpunkte differenzierter begründet und so besser gegen sachliche Kritik verteidigt werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert.<sup>1</sup> Dabei gelten die formulierten Standards für die Anforderungen im Grund- und im Leistungskurs.

#### 2.2.1 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

<sup>1</sup> Die Verben in den Standards beschreiben zu erwerbende Kompetenzen. Sie sind somit nicht gleichzusetzen mit Operatoren in Aufgaben, stehen aber nicht im Widerspruch zu diesen.

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.

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

Die Lernenden ...

- S 1 beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an;
- S 2 leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten begründet ab;
- S 3 interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen;
- S 4 bestimmen Reaktionstypen;
- S 5 beschreiben Stoffkreisläufe in Natur oder Technik als Systeme chemischer Reaktionen.

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

Die Lernenden ...

- S 6 unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene;
- S 7 beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das dynamische Gleichgewicht und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden diese an;
- S 8 beschreiben Einflussfaktoren auf chemische Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren;
- S 9 erklären unterschiedliche Reaktivitäten und Reaktionsverläufe;
- S 10 nutzen chemische Konzepte und Theorien zur Vernetzung von Sachverhalten innerhalb der Chemie sowie mit anderen Unterrichtsfächern.

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

Die Lernenden ...

- S 11 erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen;
- S 12 deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen;
- S 13 nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und intermolekularen Wechselwirkungen;
- S 14 beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen;
- S 15 grenzen mithilfe von Modellen den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab.

## Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben

Die Lernenden ...

S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen;

S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.

### 2.2.2 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 nichtnaturwissenschaftlichen abgegrenzt.

Das wissenschaftliche Vorgehen umfasst ausgehend von einem Phänomen die Verknüpfung der zentralen Schritte des Erkenntnisprozesses:

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

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

Die Lernenden ...

E 1 leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab;

E 2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu chemischen Sachverhalten;

E 3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf;

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

Die Lernenden ...

E 4 planen, ggf. unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen, Aussagen oder Theorien;

E 5 führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus;

E 6 nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten, für Berechnungen, Modellierungen und Simulationen;

- E 7 wählen geeignete Real- oder Denkmodelle (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente) aus und nutzen sie, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.

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

Die Lernenden ...

- E 8 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen;
- E 9 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen;
- E 10 reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung;
- E 11 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

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

Die Lernenden ...

- E 12 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

### **2.2.3 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.

**Informationen erschließen**

Die Lernenden ...

- K 1 recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- K 2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu chemischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen;
- K 3 prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen;
- K 4 überprüfen die Vertrauenswürdigkeit verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand ihrer Herkunft und Qualität);

**Informationen aufbereiten**

Die Lernenden ...

- K 5 wählen chemische Sachverhalte und Informationen sach-, adressaten- und situationsgerecht aus;
- K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache;
- K 7 nutzen geeignete Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander;
- K 8 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.

**Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren**

Die Lernenden ...

- K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt;
- K 10 erklären chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig;
- K 11 präsentieren chemische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien;
- K 12 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate;
- K 13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über chemische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt.

**2.2.4 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 in 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.

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

Die Lernenden ...

- B 1 betrachten Aussagen, Modelle und Verfahren aus unterschiedlichen Perspektiven und beurteilen diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse;
- B 2 beurteilen die Inhalte verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand der fachlichen Richtigkeit und Vertrauenswürdigkeit);
- B 3 beurteilen Informationen und Daten hinsichtlich ihrer Angemessenheit, Grenzen und Tragweite;
- B 4 analysieren und beurteilen die Auswahl von Quellen und Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin bzw. des Autors.

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

Die Lernenden ...

- B 5 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;
- B 6 beurteilen Chancen und Risiken ausgewählter Technologien, Produkte und Verhaltensweisen fachlich und bewerten diese;
- B 7 treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen;
- B 8 beurteilen die Bedeutung fachlicher Kompetenzen in Bezug auf Alltagssituationen und Berufsfelder;
- B 9 beurteilen Möglichkeiten und Grenzen chemischer Sichtweisen;
- B 10 bewerten die gesellschaftliche Relevanz und ökologische Bedeutung der angewandten Chemie;
- B 11 beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab.

### **Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Lernenden ...

- B 12 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse in historischen und aktuellen gesellschaftlichen Zusammenhängen;
- B 13 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;
- B 14 reflektieren Kriterien und Strategien für Entscheidungen aus chemischer Perspektive.

## 2.3 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.

### 2.3.1 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. 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:

- |   |   |
|---|---|
| – Atom- und Molekülbau                        | – Stoffeigenschaften                                  |
| – chemische Bindung                           | – Stoffklassen  |
| – Modifikationen                              | – analytische Verfahren<br>(qualitative/quantitative) |
| – funktionelle Gruppen                        | – Verwendungsmöglichkeiten                            |
| – Isomerie                                    |   |
| – inter- und intramolekulare Wechselwirkungen |   |

So können z. B. Kenntnisse über inter- und intramolekulare Wechselwirkungen genutzt werden, um Eigenschaften von Stoffen auf der Stoffebene zu erklären. Somit werden Phänomene auf der Stoffebene und deren Deutung auf der Teilchenebene konsequent unterschieden.

### 2.3.2 Konzept der chemischen Reaktion

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

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| – Donator-Akzeptor | – Reaktionstypen |
| – Umkehrbarkeit    | – Mechanismen    |
| – Gleichgewicht    | – Steuerung      |

So können z. B. mit dem Donator-Akzeptor-Prinzip Protonen- und Elektronenübergänge beschrieben werden, um so chemische Reaktionen sowohl in der anorganischen als auch in der organischen Chemie zu erschließen. Kennzeichnend für das Donator-Akzeptor-Prinzip ist dabei der Teilchenübergang.

### 2.3.3 Energiekonzept

Energetische Betrachtungen sind wichtig, um Teilchen- und Stoffumwandlungen zu beschreiben. Beachtet werden muss in diesem Zusammenhang auch, dass sich Reaktionsabläufe beeinflussen lassen, wenn energetische Parameter geändert werden. So können z. B. folgende Zusammenhänge in Augenschein genommen werden: Thermodynamische Prinzipien beim Ablauf chemischer und physikalisch-chemischer Vorgänge, kinetische Prinzipien beim Ablauf chemischer Reaktionen. Hierbei werden die Reaktionsverläufe auch mechanistisch besehen.

- Energieformen, -umwandlung, -kreislauf
- Energie chemischer Bindungen/Wechselwirkungen
- Aktivierungsenergie/Katalyse
- Reaktionskinetik
- Enthalpie/Entropie

So kann z. B. die energetische Betrachtung sowohl auf chemische Reaktionen (z. B. Aktivierungsenergie) als auch auf einzelne Teilchen (z. B. Ionisierungsenergie) bezogen und dafür herangezogen werden, Prozesse zu erklären.



### 3 Themenfelder und Inhalte

#### 3.1 Wahlpflichtthemen für die Einführungsphase in der Jahrgangsstufe 11

Die Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe hat eine Brückenfunktion zwischen der Sekundarstufe I und der Qualifikationsphase. Sie bietet den Lernenden Gelegenheit, sich fachlich vertieft auseinanderzusetzen, zu üben, zu wiederholen und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu verinnerlichen.

Um einen erfolgreichen Übergang in die Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe zu ermöglichen, werden in der Jahrgangsstufe 11 an Integrierten Sekundarschulen/Gemeinschaftsschulen (Land Berlin) und Gesamtschulen/Beruflichen Gymnasien (Land Brandenburg) die Kompetenzen entsprechend dem Kompetenzmodell der Sekundarstufe I weiterentwickelt.

Die Kompetenzentwicklung in der Einführungsphase orientiert sich an den im Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1-10 der Berliner und Brandenburger Schulen formulierten H-Standards. Hierbei ist zu beachten, dass die H-Standards im Kompetenzbereich *Mit Fachwissen umgehen* inhaltsbezogen formuliert sind. Für die Planung des Unterrichts in der Einführungsphase sind die H-Standards in allen Kompetenzbereichen auf die Inhalte der in der Einführungsphase zu behandelnden Themenfelder anzuwenden.

Für die Einführungsphase sind Wahlpflichtthemenfelder angegeben, aus denen, abhängig von den Kompetenzen der Lernenden, eine schulspezifische Auswahl für die Unterrichtsgestaltung in beiden Kursformen getroffen wird. Auch eine Kombination von Themenfeldern ist möglich. Die aufgeführten Untersuchungen und Experimente stellen Empfehlungen dar.

Die kursiv gedruckten Stichpunkte bei den Inhalten, Untersuchungen und Experimenten zeigen Möglichkeiten der inhaltlichen Vertiefung auf.

Darüber hinaus kann ein weiteres, durch die Lehrkraft frei wählbares Themenfeld in jeder Kursform entwickelt und unterrichtet werden.

Die inhaltlichen Präzisierungen innerhalb der Themenfelder werden in der Fachkonferenz der Schule beraten und festgelegt. Vermieden werden sollte dabei, dass lediglich Inhalte aus der Sekundarstufe I wiederholt oder solche aus der Qualifikationsphase vorweggenommen werden. Die Reihenfolge der Themenfelder ist nicht festgelegt. Dies ermöglicht, basierend auf einer geeigneten Lernstandsdiagnose schulspezifische Angebote zu gestalten.

### 3.1.1 Chemische Reaktionen quantitativ betrachtet

Angebunden an Fragestellungen aus dem Alltag können quantitative Größen eingeführt und zur Berechnung angewendet werden. Ein Beitrag zur Bildung von Verbraucherinnen und Verbrauchern ist möglich. Im Kurs mit erhöhtem Niveau können experimentelle Verfahren der quantitativen Analyse und Strukturaufklärung vertieft eingebunden werden.

<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– PSE: relative Atommasse, Molekülmasse, molare Masse</li> <li>– Stoffmenge, Avogadro-Konstante</li> <li>– Masse und Stoffmenge berechnen: <math>n = \frac{m}{M}</math></li> <li>– Massenkonzentration berechnen: <math>\beta = \frac{m}{V}</math></li> <li>– Stoffmengenkonzentration wässriger Lösungen berechnen: <math>c = \frac{n}{V}</math></li> <li>– molares Volumen und Berechnung der Stoffmenge von Gasen: <math>n = \frac{V}{V_m}</math></li> <li>– Masse- und Volumenberechnungen bei chemischen Reaktionen</li> <li>– <i>Elementaranalyse: Ermittlung der elementaren Zusammensetzung eines Stoffes und seiner Verhältnisformel</i></li> <li>– <i>Molmassenbestimmung</i></li> <li>– <i>Bestimmung der Stoffmengenkonzentration wässriger Lösungen</i></li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gesamtsalzgehalt (<math>\beta</math>) einer Lösung (z. B. Meerwasser, Heilwasser, isotoni-sche Kochsalzlösung) durch Eindampfen und Rückwiegen bestimmen</li> <li>– Gesamtsäuregehalt eines Getränks über einfache Säure-Base-Titration be-stimmen</li> <li>– <i>Elementaranalyse einer organischen Verbindung, z. B. Citronensäure</i></li> <li>– <i>quantitative Bestimmung von Vitamin C in Lebensmitteln</i></li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teil-chen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang zwischen Teilchenanzahl und Stoffmenge in einer Reaktions-gleichung</li> <li>– Stoffgrößen berechnen, um die Ausbeute oder den Stoffeinsatz zu ermitteln</li> <li>– einfache Titration, Volumetrie und Gravimetrie als Verfahren der quantitativen Analyse</li> </ul>
<b>mögliche Kontexte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lebensmittelanalytik: Ist so viel drin wie draufsteht?</li> <li>– Der Gehalt von Salz in Süß- und Salzwasser – Messbar?</li> <li>– Auto versus Fahrrad: Wie viel CO<sub>2</sub> lässt sich einsparen?</li> <li>– Calciumcarbonat in Zahnpasta, Scheuermilch und Co</li> <li>– Infusionen in der Medizin: Natriumchlorid- und Glucoselösung</li> <li>– Coffein – Eine Tasse Kaffee oder ein Glas Cola?</li> <li>– Backpulver / Brausepulver – Wie viel Gas entsteht?</li> <li>– Chemie rund um die Zitrone</li> </ul>

### 3.1.2 Vom Atom zur chemischen Verbindung

Die Lernenden klassifizieren Stoffe anhand ihrer Struktur, systematisieren ihre Kenntnisse zum Atombau sowie zu inter- und intramolekularen Wechselwirkungen und leiten unter Nutzung von Modelle Eigenschaften von Stoffen ab.

Im Kurs auf erhöhtem Niveau wird, ausgehend von den Modifikationen des Kohlenstoffs, auf die Bedeutung von Nanomaterialien eingegangen. Dabei lassen sich Bezüge zum übergreifenden Thema Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen herstellen.

<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffgruppen (Metalle, Molekülsubstanzen, Ionensubstanzen): Eigenschaften</li> <li>– Atombau: BOHRsches Atommodell, Elektronenschreibweise</li> <li>– Teilchenarten: Atome, Moleküle, Ionen</li> <li>– Ionenbildung aus Elementen</li> <li>– Elektronegativität</li> <li>– chemische Bindungen: Elektronenpaarbindungen, Metallbindung (Elektronengasmodell), Ionenbindung</li> <li>– Molekülsubstanz Wasser: Bildung und Zerlegung der Verbindung Wasser</li> <li>– zwischenmolekulare Wechselwirkungen: VAN-DER-WAALS-Kräfte, Wasserstoffbrückenbindung, Ionen-Dipol-Wechselwirkungen</li> <li>– Elektronenpaarabstoßungsmodell am Beispiel verschiedener Moleküle</li> <li>– Kohlenwasserstoffe (Alkane, Alkene, Alkine): Einfach-, Zweifach-, Dreifachbindungen als Elektronenpaarbindungen</li> <li>– <i>zwischenmolekulare Wechselwirkungen: Dipol-Dipol-Wechselwirkung</i></li> <li>– <i>Modifikationen des Kohlenstoffs (Diamant, Graphit, Graphen, Fullerene, Nanotubes): Bau, Eigenschaften und Verwendung</i></li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elektrische Leitfähigkeit von Graphit, Metallen, Salzkristallen und Salzlösungen sowie Zucker und Zuckerlösungen untersuchen</li> <li>– Knallgasprobe</li> <li>– Wasser zersetzen</li> <li>– Löslichkeit von Salzen untersuchen (Masseprozent)</li> <li>– <i>eine Salzbildungsreaktion aus den Elementen</i></li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen bestimmen die Struktur und die Eigenschaften eines Stoffes (Anomalie des Wassers)</li> <li>– Stoffebene und Teilchenebene unterscheiden, z. B. bei der Erklärung der elektrischen Leitfähigkeit verschiedener Stoffe und Lösungen</li> <li>– Das EPA-Modell zur Darstellung von Molekülstrukturen nutzen (z. B. Wasser, Kohlenwasserstoffe) und Eigenschaften ableiten</li> </ul>
<b>mögliche Kontexte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reinstoff Wasser: Eine Verbindung?</li> <li>– Anomalie des Wassers – Wechselwirkungen in und zwischen Teilchen</li> <li>– Der elektrischen Leitfähigkeit auf der Spur</li> <li>– Die stromleitende Bleistiftmine</li> <li>– Fullerene als Leitermaterialien in organischen Solarzellen</li> <li>– Nanotubes – Zugfester als Stahlseile</li> <li>– Graphen – Das Wundermaterial</li> </ul>

### 3.1.3 Säuren, Basen, Salze

Stoffe aus dem Alltag bilden die Grundlage, um die Begriffe Säure und Base zu erarbeiten. Wenn sie die Eigenschaften von sauren bzw. alkalischen Lösungen erklären, beschreiben die Lernenden mit dem Säure-Base-Begriff nach BRÖNSTED die Phänomene auf der Teilchenebene und erfassen das Wesen von Protolysereaktionen.

Den pH-Wert experimentell zu bestimmen und zu berechnen dient dazu, quantitative Betrachtungen zu festigen.

Anhand des Modells der Ionenbindung werden Eigenschaften von Salzen erklärt.

<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Säuren und Basen nach BRÖNSTED definieren sowie Säuren von sauren Lösungen und Basen von basischen Lösungen unterscheiden</li> <li>– typische Merkmale von Säure- und Base-Teilchen nach BRÖNSTED</li> <li>– Zusammenhang zwischen der Oxonium-Ionenkonzentration und dem pH-Wert einer sauren Lösung</li> <li>– Salzbildungsreaktionen</li> <li>– Salze als Ionenverbindungen (einfache und zusammengesetzte Ionen, Ionenbindung, Ionengitter)</li> <li>– elektrische Leitfähigkeit wässriger Salzlösungen</li> <li>– <i>Solvatation von Ionen beim Lösen von Salzen</i></li> <li>– <i>Löslichkeit von Salzen in Wasser als exotherme und endotherme Vorgänge</i></li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– saure bzw. basische Lösungen bilden durch Reaktion von Nichtmetalloxiden bzw. Metalloxyden mit Wasser</li> <li>– Nachweis von Hydroxid- und Oxonium-Ionen mit Indikator</li> <li>– pH-Werte wässriger Lösungen bestimmen (Indikator / pH-Meter)</li> <li>– einen Haushaltsreiniger untersuchen</li> <li>– Stoffe aus dem Haushalt auf ihren pH-Wert hin untersuchen</li> <li>– <i>Eine Verdünnungsreihe erstellen</i></li> <li>– <i>Säure-Base-Titration</i></li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– die Eigenschaften von Säuren und Basen auf den Bau dieser Teilchen zurückführen</li> <li>– Konzept der chemischen Reaktionen</li> <li>– Säure-Base-Reaktionen und Salzbildungsreaktionen auf Teilchenebene beschreiben</li> </ul>
<b>mögliche Kontexte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rotkohl oder Blaukraut?</li> <li>– Säuren, Basen, Salze in Alltagsprodukten</li> <li>– Industrielle Reinigung von Flaschen mit Laugen</li> <li>– Alles Essig oder was?</li> <li>– Karies – ein Säureanschlag auf die Zähne</li> </ul>

### 3.1.4 Grundlagen der organischen Chemie

Die Lernenden vertiefen ihre Kenntnisse über Bau- und Ordnungsprinzipien organischer Stoffe. Ausgehend von verschiedenen Darstellungsformen für Molekülstrukturen wird die IUPAC-Nomenklatur geübt, wobei schwerpunktmäßig isomere Verbindungen betrachtet werden. Naturstoffgemische, deren Inhaltsstoffe exemplarisch unter chemischen Fragestellungen betrachtet werden können, bieten sich an, wenn physikalische und chemische Eigenschaften untersucht und gezielt Nachweise ausgewählter Strukturmerkmale erbracht werden. Dabei lassen sich Bezüge zu den übergreifenden Themen Verbraucherbildung und Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen herstellen.

<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– organische Verbindungen darstellen: Verhältnis-, Summen-, Halb- und ausführliche Strukturformel</li> <li>– aliphatische Alkane, Alkene, Alkine</li> <li>– Strukturisomerie – Ursache verschiedener Eigenschaften</li> <li>– Nomenklatur organischer Verbindungen</li> <li>– Alkohole, Aldehyde und Carbonsäuren: funktionelle Gruppen (Hydroxy-, Aldehyd- und Carboxygruppe)</li> <li>– Nachweis von Strukturmerkmalen und funktioneller Gruppen organischer Verbindungen</li> <li>– <i>organische Verbindungen darstellen: Skelett- und Keilstrichformel</i></li> <li>– <i>Elementaranalyse: die elementare Zusammensetzung eines organischen Stoffes und seiner Verhältnisformel ermitteln</i></li> <li>– <i>cyclische Alkane, Alkene</i></li> <li>– <i>Naturstoffgemische gewinnen (z. B. sekundäre Pflanzenrohstoffe)</i></li> <li>– <i>Isopren und Terpene – Inhaltsstoffe von Naturstoffgemischen (Bau, Einteilung und Eigenschaften)</i></li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– chemische Eigenschaften von Naturstoff(-gemisch-)en untersuchen: Brennbarkeit, Löslichkeitsverhalten, pH-Wert</li> <li>– Nachweis von C-C-Mehrfachbindungen</li> <li>– FEHLING-Probe und/der TOLLENS-Probe</li> <li>– <i>Methoden zur Naturstoffgewinnung (z. B. Wasserdampfdestillation)</i></li> <li>– <i>chromatografische Auftrennung von Naturstoffgemischen</i></li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– den Molekülbau und die Strukturen ausgewählter Naturstoffe, auch mit funktionellen Gruppen, auf der Teilchenebene betrachten</li> <li>– intermolekulare Wechselwirkungen zur Erklärung des Löslichkeitsverhaltens</li> <li>– Zusammenhang zwischen dem Kohlenstoffanteil und Verbrennungsphänomenen (z. B. rußende Flammen)</li> <li>– Zusammenhang zwischen isomeren Strukturen und deren Siedetemperaturen</li> <li>– Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Verwendung</li> </ul>

<b>mögliche Kontexte</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Das Glück vom Pech – Baumharz und Balsam</li><li>- Terpentin – billiger Balsam</li><li>- Myrrhe, Weihrauch &amp; Kolophonium</li><li>- Ätherische Öle – vom Raumduft zu Aromatherapien</li><li>- Propolis – Baustoff der Bienen</li><li>- Rasierschaum oder Rasiergel – nur ein Marketingtrick?</li></ul>
--------------------------	---

### 3.1.5 Organische Stoffe als Energielieferanten

Die Lernenden wenden ihre Kenntnisse über den Bau und die Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen, Alkoholen und Fetten (Ester) an, um deren Einsatz als Biokraftstoffe unter den Aspekten der Verbraucherbildung und der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) beurteilen und bewerten zu können.

Biokraftstoffe bieten eine Möglichkeit, die Abhängigkeit von Erdöl zu verringern. Sie stehen aber auch in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln. An diesem Thema bietet sich das Lernen in globalen Zusammenhängen an.

Ausgehend von der Struktur der Fettsäuren können im Kurs auf erhöhtem Niveau Bezüge zum übergreifenden Thema Gesundheitsförderung erörtert werden.

<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biomethan: Biogasherstellung durch Gärung</li> <li>– Bioethanol: Herstellung (alkoholische Gärung) und Verwendung als Kraftstoffzusatz</li> <li>– pflanzliche Fette und Öle: Vorkommen, Gewinnung, Bau von Fett-Molekülen</li> <li>– Biodiesel: z. B. aus Raps oder Getreide gewinnen</li> <li>– Verbrennung von Kraftstoffen; Treibhauseffekt</li> <li>– <i>Zellatmung im Vergleich zur Gärung am Beispiel des Abbaus von Glucose (in Summenformelschreibweise)</i></li> <li>– <i>Ungesättigte Fettsäuren, cis- und trans-Fettsäuren: Bau (cis-trans-Isomerie) und Bedeutung für die Ernährung</i></li> <li>– <i>Gewinnung von Diesel aus Erdöl; Cracken</i></li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– alkoholische Gärung</li> <li>– Extraktion von Öl aus Pflanzensamen</li> <li>– <i>Umwandlung von Öl- in Elaidinsäure (cis-trans-Isomerisierung)</i></li> <li>– <i>Cracken von Erdöl</i></li> <li>– <i>Bestimmung der Iodzahl</i></li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– EPA-Modell nutzen, um cis-trans-Isomere ungesättigter Fettsäuren darzustellen</li> <li>– Zusammenhang der Struktur und Eigenschaften von Fetten</li> <li>– Konzept der Energie</li> <li>– Energieumwandlung bei der Verbrennung von Methan, Ethanol und Diesel</li> </ul>
<b>mögliche Kontexte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stroh im Tank - Biomethan</li> <li>– Biosprit im Tank statt Brot auf dem Teller?</li> <li>– Vom Raps zum Biodiesel</li> <li>– Das Power-to-Gas-Verfahren</li> <li>– Biodiesel aus Palmöl – Urwaldvernichtung für das Klima</li> </ul>

### 3.1.6 Angewandte organische Chemie – Waschmittel

Die Lernenden wenden ihre Kenntnisse der organischen Chemie an und erweitern diese. Sie erschließen sich die typische Struktur eines Tensid-Moleküls und leiten daraus resultierende Eigenschaften ab. Sie erklären auf dieser Grundlage das Phänomen des Waschens.

Vertiefend können in Kursen auf erhöhtem Niveau Inhalte zur Herstellung synthetischer Tenside und zu weiteren Waschmittelinhaltsstoffen erarbeitet werden.

Die Umweltproblematik bei Herstellung und Gebrauch von Waschmitteln ist eng mit den übergreifenden Themen der Verbraucherbildung und der Nachhaltigen Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen verknüpft.

<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– typischer Aufbau von Tensid-Molekülen</li> <li>– Tensidtypen (anionisch, kationisch, zwitterionisch, nichtionisch)</li> <li>– Eigenschaften der Tenside (u. a. Grenzflächenaktivität, Micellenbildung, Dispergiervermögen, Schaumbildung)</li> <li>– Waschwirkung von Tensiden – Erläuterung des Waschvorgangs</li> <li>– Seife - Struktur, Herstellung, Eigenschaften, Nachteile (Säure- und Härteempfindlichkeit)</li> <li>– Waschmitteltypen: Zusammensetzung und umweltbewusste Anwendung</li> <li>– <i>synthetische Tenside herstellen</i></li> <li>– <i>Waschmittelzusatzstoffe (Enthärter, optische Aufheller, Bleichmittel auf Chlorbasis, Enzyme, Farb- und Duftstoffe)</i></li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seife herstellen</li> <li>– Experimente zur Herabsetzung der Grenzflächenspannung, zum Dispergier- und Emulgiervermögen von Tensiden</li> <li>– Experimente mit Kernseife zum Nachweis der Säure- und Wasserhärteempfindlichkeit von Seifenlösungen</li> <li>– <i>ein synthetisches Tensid herstellen</i></li> <li>– <i>Nachweis optischer Aufheller</i></li> <li>– <i>TYNDALL-Effekt von Tensiden</i></li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– den charakteristischen Molekülbau von Tensiden beschreiben</li> <li>– Tensideigenschaften, abgeleitet aus der Molekülstruktur, erklären</li> <li>– Wechselwirkung von Teilchen an Grenzflächen von Materialien</li> <li>– Konzept der chemischen Reaktionen</li> <li>– die Seifensynthese als Esterspaltung beschreiben</li> </ul>
<b>mögliche Kontexte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seife – Das älteste Waschmittel der Welt</li> <li>– Weißer als weiß – Wie wasche ich meine Wäsche richtig?</li> <li>– Vom Raps zum Shampoo</li> <li>– Gallensäure, Saponine und Co – Tenside in der Natur</li> </ul>



### 3.1.7 Analytische und instrumentelle Chemie

Qualitative und quantitative Methoden haben in der Chemie eine große Bedeutung. Diese gestatten, dass der experimentelle Anteil im Unterrichtsgeschehen hoch ist.

Das Ausnutzen bestimmter Stoffeigenschaften zur Trennung und zum Nachweis von Stoffen wird als Grundlage der Verfahren vermittelt.

Insbesondere im Kurs auf erhöhtem Niveau können die Lernenden mit komplexeren Laborgeräten und Apparaturen umgehen und gewinnen so Einblick in die Arbeitsweise einiger Berufe der chemischen Analytik.

<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stofftrennung (Filtrieren, Dekantieren, Adsorbieren)</li> <li>– Papierchromatografie</li> <li>– Alkali- und Erdalkalimetalle durch Flammenfärbung nachweisen</li> <li>– Ionen-Nachweise durch Fällungsreaktionen</li> <li>– <i>weitere chromatografische Verfahren</i></li> <li>– <i>Reinstoffisolierung aus einem Stoffgemisch (z. B. Extraktion, Destillation, Umkristallisation)</i></li> <li>– <i>Fotometrie (VIS-Spektroskopie)</i></li> <li>– <i>Schmelzpunktbestimmung</i></li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ein Stoffgemisch trennen</li> <li>– eine Düngerlösung oder Mineralwasser auf Ionen hin untersuchen</li> <li>– Papierchromatografie z. B. von Universalindikator</li> <li>– <i>Pflanzenöle oder ätherische Öle durch Extraktion oder Wasserdampfdestillation z. B. aus Nüssen oder Zitronenschalen gewinnen</i></li> <li>– <i>Dünnschichtchromatografie z. B. von Farbstoffen in Lebensmitteln</i></li> <li>– <i>Schmelzpunkt mit der THIELE-Apparatur bestimmen</i></li> <li>– <i>z. B. Citronensäurekonzentration in Zitronensaft fotometrisch bestimmen</i></li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaften trennen</li> <li>– Wechselwirkung von Teilchen an Grenzflächen von Materialien</li> <li>– verschiedene Verfahren der quantitativen und qualitativen Analyse anwenden</li> <li>– Konzept der chemischen Reaktion</li> <li>– Nachweisreaktionen als spezielle chemische Reaktionen</li> </ul>
<b>mögliche Kontexte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tausendsassa Zitrone</li> <li>– Den Inhaltsstoffen auf der Spur – Qualitative Analyseverfahren</li> <li>– Analytische Methoden der Gerichtsmedizin oder / und Kriminalistik</li> <li>– Vom Wein zu Schnaps und Desinfektionsmittel</li> <li>– Vom Samen zum Speiseöl</li> <li>– Lebensmittelanalytik – Berufe in der Chemie</li> <li>– Vitamin C – Vitamintablette versus frische Orangensäfte</li> </ul>

### 3.2 Themenfelder und Inhalte für die Qualifikationsphase

In diesem Kapitel sind die Themenfelder und Inhalte für die Kurshalbjahre der Qualifikationsphase dargestellt. Diese knüpfen an die Themen und Inhalte des Fachs Chemie in der Sekundarstufe I an.

Die Zuordnung der Themenfelder zu den Kurshalbjahren der Qualifikationsphase ist für den Grund- und Leistungskurs verbindlich, in der Reihenfolge innerhalb der einzelnen Kurshalbjahre jedoch flexibel. Die zweispaltige Anordnung der Inhalte verdeutlicht, welche Inhalte im Leistungskurs zusätzlich zu den Grundkursinhalten behandelt werden.

Die in den Tabellen angegebenen Fachtermini beschränken sich auf wichtige, unverzichtbare Begriffe. Es werden hier nur die Fachbegriffe aufgeführt, die nicht bei den Inhalten erwähnt wurden und die über die Fachbegriffe im Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1-10 der Berliner und Brandenburger Schulen hinausgehen.

Experimente haben in den naturwissenschaftlichen Fächern einen hohen Stellenwert. Für jedes Themenfeld sind verbindliche Experimente und Untersuchungen angegeben. Diese können je nach Ausstattung der Schule variiert werden, sofern die mit dem Experiment bzw. der Untersuchung verbundenen Intentionen gewahrt bleiben.

Zu jedem Themenfeld sind inhaltliche Beispiele für Bezüge zu den Basiskonzepten dargestellt, die auch eine Differenzierung zwischen Grund- und Leistungskurs verdeutlichen.

Um zu veranschaulichen, wie die Bildungsstandards mit den Inhalten für den Grund- und Leistungskurs des Themenfelds verknüpft werden können, sind exemplarische Beiträge zur Kompetenzentwicklung angegeben. Die Klammerangaben hinter den Kompetenzbeschreibungen beziehen sich jeweils auf den dazugehörigen Standard.

Die angegebenen Kontexte sind gesellschaftlich relevant und bieten eine Auswahl, Unterricht zu den Themenfeldern alltagsbezogen, fachübergreifend und adressatengerecht zu planen. Das Vorgehen im Unterricht soll so angelegt sein, dass junge Menschen eingeladen, ermutigt und inspiriert werden, sich die Welt aus naturwissenschaftlicher Sicht zu erschließen.

Auf Grundlage der Angaben zu den Themenfeldern werden die im Rahmen des schulinternen Curriculums fachbezogenen Festlegungen für die Schule erarbeitet. Hierbei sind die verbindlichen Inhalte, Fachbegriffe, Experimente und Untersuchungen zu beachten.

#### Verteilung der Themenfelder auf die Kurshalbjahre der Qualifikationsphase (Q1-Q4)

	Grundkurs	Leistungskurs
<b>Q1</b>	<b>Natürliche und synthetische makromolekulare Stoffe</b> 3.2.1 Proteine 3.2.2 Kunststoffe – problematische Alleskönner	
<b>Q2</b>	<b>Verlauf chemischer Reaktionen</b> 3.2.3 Chemische Thermodynamik 3.2.4 Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse 3.2.5 Chemisches Gleichgewicht	
<b>Q3</b>	<b>Das Donator-Akzeptor-Prinzip</b> 3.2.6 Säure-Base-Reaktionen 3.2.8 Redoxreaktionen	3.2.7 Indikatorfarbstoffe
<b>Q4</b>	<b>Elektrische Energie aus chemischen Reaktionen</b> 3.2.9 Elektrochemie	

### 3.2.1 Proteine

Die Lernenden begreifen Proteine als Biopolymere von fundamentaler Bedeutung. Sie erschließen sich den Bau und die besonderen Eigenschaften von  $\alpha$ -Aminosäuren als Monomere der Proteine.

Der Leistungskurs unterscheidet, indem der Begriff der Chiralität ergründet wird, in  $\alpha$ -L- und  $\alpha$ -D-Aminosäuren. Die Bedeutung der  $\alpha$ -L-Aminosäuren wird herausgearbeitet.

Charakteristische Eigenschaften der Proteine, z. B. die Denaturierung, erklären die Lernenden, indem sie sich mit den verschiedenen Strukturebenen der Proteine auseinandersetzen. Möglichkeiten, Molekülmodelle digital darzustellen, können genutzt werden.

Die Kontexte haben Bezüge zu den übergreifenden Themen Verbraucherbildung und Gesundheitsförderung.

Die Inhalte unter der Überschrift „Integrierte Wiederholung“ sollen am Beispiel der Aminosäuren und Proteine berücksichtigt werden, um die Anschlussfähigkeit an den Unterricht der Sekundarstufe I zu gewährleisten.

	<b>Grundkurs</b>	<b>Leistungskurs</b> (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Integrierte Wiederholung</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– funktionelle Gruppen: Doppelbindung, Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy-, Estergruppe</li> <li>– Elektronenpaarbindung</li> <li>– EPA-Modell</li> <li>– intermolekulare Wechselwirkungen</li> </ul>	
	<b>Aminosäuren – Bausteine der Proteine</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur von <math>\alpha</math>-Aminosäuren</li> <li>– Eigenschaften (Aggregatzustand, Löslichkeitsverhalten, Säure-Base-Verhalten)</li> <li>– Aminosäuren nach den Eigenschaften der Aminosäurereste einteilen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aminosäuren als chirale Verbindungen</li> <li>– in Form der FISCHER-Projektion darstellen</li> </ul>
	<b>Proteine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedeutung / Funktion der Proteine</li> <li>– Proteine nach den biologischen Funktionen (Sklero- und Sphäroproteine) einteilen</li> <li>– Peptidbildung und -spaltung</li> <li>– Strukturebenen von Proteinen unter Berücksichtigung der inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (einschließlich Ionen-Dipol-Wechselwirkungen)</li> <li>– Eigenschaften von Proteinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– das EPA-Modell anwenden: planare Peptidbindung und tetraedrische Struktur am <math>\alpha</math>-Kohlenstoff-Atom</li> </ul>	

3.2.1 Proteine		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
Fachbegriffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Amino-Gruppe</li> <li>– Zwitterion</li> <li>– Primärstruktur, Sekundärstruktur, Tertiärstruktur, Quartärstruktur</li> <li>– Kondensation und Hydrolyse</li> <li>– Peptidbindung</li> <li>– essenzielle Aminosäuren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– asymmetrisch substituiertes Kohlenstoff-Atom</li> <li>– Enantiomer</li> <li>– <math>\alpha</math>-L- und <math>\alpha</math>-D-Aminosäure</li> </ul>
Untersuchungen, Experimente	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ninhydrin-Reaktion</li> <li>– Biuret-Reaktion</li> <li>– Denaturierung von Proteinen</li> </ul>	
Basiskonzepte	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge zwischen der Molekülstruktur der Proteine auf verschiedenen Strukturebenen und die sich daraus ergebenden Eigenschaften</li> </ul> <p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merkmale chemischer Reaktionen am Beispiel der Peptidbildung und -spaltung</li> </ul>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang zwischen den Eigenschaften von Aminosäuren und der räumlichen Anordnung der Substituenten in Molekülen</li> </ul>

3.2.1 Proteine		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Aminosäuren und wenden diese an. (S 1)</li> <li>– leiten Voraussagen über die Eigenschaften von Aminosäuren auf Basis ihrer zwitterionischen Struktur begründet ab. (S 2)</li> <li>– bestimmen den Reaktionstyp der Bildung und der Spaltung von Peptiden. (S 4)</li> <li>– erklären Sekundär- und Tertiärstrukturen der Proteine als Folge zwischenmolekularer Wechselwirkungen. (S 13)</li> <li>– führen Nachweisreaktionen für Proteine durch und wenden diese zum Nachweis von Proteinen in Lebensmitteln an. (E 5)</li> <li>– leiten den Sachverhalt der Denaturierung von Proteinen aus Alltagssituationen ab (E 1) und identifizieren und entwickeln Fragestellungen zur Denaturierung. (E 2)</li> <li>– wählen geeignete Realmodelle aus, um Strukturebenen von Proteinen darzustellen, und nutzen diese, um chemische Fragestellungen zu beantworten. (E 7)</li> <li>– treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen, z. B. zu Garmethoden von Lebensmitteln. (B 10)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben in Molekülen asymmetrisch substituierte Kohlenstoff-Atome, um chirale Verbindungen zu erkennen. (S 2)</li> <li>– formulieren, ableitend aus den IUPAC-Regeln, FISCHER-Projektionsformeln für Aminosäure-Moleküle. (S 11)</li> <li>– erklären die Denaturierung und argumentieren fachlich schlüssig. (K 10)</li> <li>– wählen chemische Sachverhalte und Informationen zum betrachteten Kontext adressaten- und situationsgerecht aus. (K 5)</li> <li>– beurteilen bei Recherchen ausgewählter Kontexte die Inhalte verwendeter Quellen und Medien, z. B. hinsichtlich ihrer fachlichen Richtigkeit. (B 2)</li> </ul>
mögliche Kontexte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fäden des Lebens: Haare, Wolle, Seide</li> <li>– Struktur eines chemischen Türöffners – Das Insulin-Molekül</li> <li>– Enzyme – Die wichtigsten Helfer im Stoffwechsel der Organismen</li> <li>– Glutenfreie Ernährung – Kleberproteine in der Diskussion</li> <li>– Glutamat und Co. – Geschmacksverstärker chemisch betrachtet</li> <li>– Vom Knochen zum Gummibärchen – Gelatine als tierisches Protein</li> <li>– Wunderbar praktisch und auch wunderbar gesund? – Die Chemie der Fertiggerichte</li> <li>– Schön sein mit Schneckenschleim</li> <li>– Proteinshakes – Gesundes Nahrungsmittel?</li> </ul>	

### 3.2.2 Kunststoffe – problematische Alleskönner

Die Lernenden erkennen, wie sehr unser Alltag durch Kunststoffe geprägt ist.

Die Herstellung von Kunststoffmonomeren wird aus Gründen der didaktischen Reduktion an einfachen Beispielen reaktionsmechanistisch betrachtet.

Mit zwei Reaktionstypen der Kunststoffsynthese machen sich die Lernenden vertraut, wobei im Leistungskurs zusätzlich reaktionsmechanistische Betrachtungen am Beispiel der radikalischen Polymerisation erfolgen.

Die Lernenden beschreiben die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Kunststoffen und setzen diese mit der Verwendung und Verarbeitung von Kunststoffen in Zusammenhang.

Nachdem sie sich mit der ökologischen Dimension der Herstellung, Entsorgung und Wiederverwertung von Kunststoffen auseinandergesetzt haben, entwickeln Schülerinnen und Schüler Ideen zu verantwortlichem und nachhaltigem Umgang mit Ressourcen.

	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Bau, Eigenschaften und Einteilung der Kunststoffe</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nach Struktur und Eigenschaften in Kunststoffklassen einteilen (Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere)</li> <li>– Eigenschaften (Verhalten beim Erwärmen, Brennbarkeit, Dichte, Verhalten gegenüber Lösungsmitteln)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kunststoffe nach Rohstoffquelle und Abbaubarkeit einteilen</li> </ul>
	<b>Vom Monomer zum Polymer</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Addition, Substitution</li> <li>– Vinylchlorid aus Ethin und Chlorwasserstoff bilden – Mechanismus der elektrophilen Addition</li> <li>– Kunststoffe durch Polymerisation (z. B. PE, PVC) herstellen</li> <li>– Polyester durch Polykondensation (z. B. PET) herstellen</li> <li>– konstitutionelle Repetiereinheiten verschiedener Kunststoffe formulieren, z. B.</li> </ul> $\left[ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$ <ul style="list-style-type: none"> <li>– Möglichkeiten, Polymerketten durch Einsatz unterschiedlicher Monomere zu vernetzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mechanismus der radikalischen Polymerisation</li> <li>– Beispiel für eine Copolymerisation</li> <li>– Monomere für Polyester - Synthese von Alkoholen aus Halogenalkanen: Mechanismus der nucleophilen Substitution (<math>S_N</math>)</li> <li>– Polyamide durch Polykondensation herstellen</li> <li>– Gesamtreaktionsgleichungen von Synthesen mit Strukturformeln unter Berücksichtigung stöchiometrischer Verhältnisse</li> </ul>

<b>3.2.2 Kunststoffe – problematische Alleskönner</b>		
	<b>Grundkurs</b>	<b>Leistungskurs</b> (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Verarbeitung und Wiederverwertung von Kunststoffen</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zwei Verfahren Thermoplaste zu verarbeiten, um Alltagsgegenstände herzustellen</li> <li>– Recycling: werkstoffliche, rohstoffliche und thermische Verwertung</li> <li>– Umweltproblematik</li> <li>– ein Beispiel für eine nachhaltige Alternative zu klassischen Kunststoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ein Wertstoffkreislauf (z. B. PET)</li> </ul>
<b>Fachbegriffe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Monomer, Makromolekül, Polymer</li> <li>– Elektrophil, elektrophiler Angriff, Polarisierung, Übergangskomplex, heterolytische Spaltung, Carbenium-Ion</li> <li>– Veresterung, Kondensationsreaktion</li> <li>– Polymerisat, Polykondensat</li> <li>– Pyrolyse, Hydrolyse</li> <li>– Schwimm-Sink-Verfahren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Startradikal, homolytische Spaltung, Initiation, Kettenstart, Monomer-Radikal, Kettenwachstum, Kettenabbruch</li> <li>– Copolymer</li> <li>– Nucleophil, nucleophiler Angriff</li> <li>– Amid-Gruppe</li> </ul>
	<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Eigenschaften von Kunststoffen untersuchen</li> <li>– eine Polykondensation, um einen Polyester herzustellen</li> </ul>

3.2.2 Kunststoffe – problematische Alleskönner		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur der Monomere und ihre funktionellen Gruppen bestimmen die Art der Synthese von Kunststoffen.</li> <li>– inter- und intramolekulare Wechselwirkungen, um Eigenschaften von Kunststoffen auf der Stoffebene zu erklären</li> <li>– auf den Molekülbau der Kunststoffe zurückzuführende Eigenschaften bestimmen deren Verwendung</li> </ul> <p><b>Energiekonzept:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umwandlung von Energieformen bei der thermischen Wiederverwertung</li> </ul> <p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– mechanistische Betrachtungen der elektrophilen Addition, um elementare Schritte einer chemischen Reaktion auf Teilchenebene zu interpretieren</li> </ul>	<p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– mechanistische Betrachtungen der radikalischen Polymerisation und der nucleophilen Substitution, um elementare Schritte einer chemischen Reaktion auf Teilchenebene zu interpretieren</li> </ul>



3.2.2 Kunststoffe – problematische Alleskönner		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben das Ordnungsprinzip der Kunststoffklassen anhand des Zusammenhangs zwischen Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe und wenden Modelle zur Beschreibung an. (S 1)</li> <li>– bestimmen die Reaktionstypen der Kunststoffherstellung. (S 4)</li> <li>– recherchieren zur Umweltproblematik durch Kunststoffe und zu modernen Werkstoffen zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke die passenden Quellen aus. (K 1)</li> <li>– beurteilen und bewerten, wie sich die Verwendung von Kunststoffen und das eigene Handeln im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Perspektive auswirkt. (B 12)</li> <li>– tauschen sich mit anderen konstruktiv über die chemischen Sachverhalte des Recyclings aus und vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls ihren eigenen Standpunkt. (K 13)</li> <li>– bestimmen die Reaktionstypen Addition und Substitution an verschiedenen Beispielen. (S 4)</li> <li>– beschreiben den Reaktionsmechanismus der elektrophilen Addition. (S 14)</li> <li>– nutzen geeignete Darstellungsformen für Reaktionsmechanismen und überführen diese ineinander. (K 7)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– stellen Reaktionsmechanismen der radikalischen Polymerisation und der nucleophilen Substitution mit Strukturformeln dar und verwenden die Fachsprache, um sie zu beschreiben. (S 14)</li> <li>– erfassen die Vielfalt von Kunststoffen und deren Eigenschaften auf Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Monomeren. (S 11)</li> <li>– beschreiben den Stoffkreislauf am Beispiel eines rohstofflich recyclebaren Kunststoffes von der Herstellung bis zur Wiederverwertung. (S 5)</li> </ul>
mögliche Kontexte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Endliche Rohstoffquelle – Vom Erdöl zu Kunststoffmonomeren</li> <li>– Bratpfanne und Funktionskleidung: Der Hochleistungskunststoff Teflon</li> <li>– Vom Kaugummi zum Autoreifen: Kautschuk</li> <li>– Von der Seide zum Nylon</li> <li>– Formel 1 – Mehr Sicherheit mit Kevlar</li> <li>– Hightech in Babywindeln: superabsorbierende Polymere</li> <li>– Die nachwachsende Kunststofftüte</li> <li>– PLA versus PET: Ist biobasiert wirklich besser als erdölbasiert?</li> <li>– Recycling: Von der PET-Flasche zum Pullover</li> </ul>	

### 3.2.3 Chemische Thermodynamik

Ausgehend von den Merkmalen chemischer Reaktionen erfassen die Lernenden den Energieumsatz qualitativ und quantitativ. Dazu führen sie kalorimetrische Experimente und Berechnungen durch. Der Satz von HESS nimmt dabei im Umgang mit molaren Standardgrößen eine zentrale Stellung ein. Je nach Art der untersuchten chemischen Reaktionen werden Kenntnisse über Struktur, chemische Bindungen und Eigenschaften von Stoffklassen der Chemie wiederholt und vertieft.

Die Lernenden des Leistungskurses setzen sich zudem mit Triebkräften chemischer Reaktionen auseinander und treffen, auf der Grundlage von Berechnungen, Aussagen über die Spontaneität chemischer Reaktionen.

Je nach Kontext ergeben sich Bezüge zu den übergreifenden Themen Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen und Verbraucherbildung.

	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Energetische Aspekte chemischer Reaktionen</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiediagramme chemischer Reaktionen</li> <li>– 1. Hauptsatz der Thermodynamik (nur als Energieerhaltungssatz), Energieformen</li> <li>– Zusammenhang zwischen Temperatur, kinetischer Energie der Teilchen und Aggregatzustand des Stoffes</li> <li>– Kalorimetrie: <math>Q = m \cdot c \cdot \Delta T</math></li> <li>– Satz von HESS</li> <li>– Berechnung der molaren Standardreaktionsenthalpie:  <math display="block">\Delta_r H_m^0 = \sum \Delta_f H_m^0 (\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H_m^0 (\text{Edukte})</math> </li> </ul>	
	<b>Struktur, chemische Bindung und Eigenschaften von Ionen- bzw. Molekülsubstanzen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ionenbindung</li> <li>– Ionengitter (keine Gittertypen)</li> <li>– Solvation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang von Gitterenthalpie und Hydratationsenthalpie beim Lösen salzartiger Stoffe</li> </ul>	

3.2.3 Chemische Thermodynamik		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Triebkräfte chemischer Reaktionen / Spontaneität chemischer Reaktionen</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entropiebegriff und Berechnung der Entropieänderung:  <math display="block">\Delta_r S_m^0 = \sum S_m^0(\text{Produkte}) - \sum S_m^0(\text{Edukte})</math> </li> <li>– 2. Hauptsatz der Thermodynamik</li> <li>– Einfluss von Enthalpie und Entropie</li> <li>– GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung:  <math display="block">\Delta_r G_m^0 = \Delta_r H_m^0 - T \cdot \Delta_r S_m^0</math> </li> <li>– freie Reaktionsenthalpie bei verschiedenen Temperaturen und von Grenztemperaturen berechnen</li> <li>– die freie molare Standardreaktionsenthalpie berechnen:  <math display="block">\Delta_r G_m^0 = \sum \Delta_f G_m^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta_f G_m^0(\text{Edukte})</math> </li> </ul>
<b>Fachbegriffe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierungsenergie</li> <li>– offenes, geschlossenes, isoliertes System</li> <li>– molare Standardenthalpien: Reaktions-, Bildungs-, Lösungs- und Verbrennungsenthalpie</li> <li>– spezifische Wärmekapazität</li> <li>– Kennzeichnung der Reaktanden mit (s), (l), (g) oder (aq)</li> <li>– Ion-Dipol-Wechselwirkungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gitter- und Hydratationsenthalpie</li> <li>– Kristallwasser</li> <li>– exergonisch, endergonisch</li> <li>– freie molare Standardreaktionsenthalpie</li> <li>– freie molare Standardbildungsenthalpie</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– je eine endotherme und eine exotherme Reaktion kalorimetrisch untersuchen (z. B. Lösungs- oder Verbrennungsenthalpie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ein Experiment, um den Einfluss der Entropie zu veranschaulichen (z. B. Reaktion von Natriumcarbonat-Decahydrat mit Citronensäure)</li> <li>– ein Experiment, um die Bildungsenthalpie qualitativ zu bestimmen</li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>		

3.2.3 Chemische Thermodynamik		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Energiekonzept</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energieumwandlung als Wechsel konkreter Energieformen</li> <li>– experimentelle Bestimmung und rechnerische Ermittlung ausgetauschter Wärmemengen mit der Umgebung in offenen Systemen</li> </ul>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang intermolekularer Wechselwirkungen und Phänomene der Energieumwandlung</li> </ul> <p><b>Energiekonzept</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prinzip von BERTHELOT und THOMSON (freie Enthalpie) als eine Triebkraft</li> <li>– Aussagen über die Spontaneität chemischer Reaktionen anhand thermodynamischer Prinzipien</li> </ul>
<b>mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung</b>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– deuten Phänomene der Energieumwandlung beim Ablauf chemischer und physikalisch-chemischer Vorgänge als exotherm oder endotherm. (S 3)</li> <li>– entwickeln, indem sie den Aggregat- oder Lösungszustand der Reaktanden angeben, geeignete Reaktionsgleichungen für thermodynamische Betrachtungen. (S 16)</li> <li>– wenden die Kalorimetergleichung und den Satz von HESS an, um Reaktionsenthalpien rechnerisch zu ermitteln. (S 17)</li> <li>– nehmen kalorimetrische Untersuchungen vor, dokumentieren und werten sie aus, wobei eine detaillierte Fehlerbetrachtung besonders wichtig ist. (E 5, E 6, E 10)</li> <li>– überführen experimentell oder rechnerisch gewonnene Daten in maßstabsgerechte und beschriftete Diagramme. (K 7)</li> <li>– beurteilen, je nach Kontext, Chancen und Risiken ausgewählter Produkte und Verhaltensweisen fachlich und bewerten diese. (B 6)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären, mit Blick auf die Veränderung von Teilchen, Phänomene der Stoff- und Energieumwandlungen sowie des Umbaus chemischer Bindungen und unterscheiden dabei konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene. (S 6, S 12)</li> <li>– beurteilen am Beispiel des Lösevorgangs von Ionen- bzw. Molekülsubstanzen Möglichkeiten und Grenzen chemischer Sichtweisen. (B 9)</li> </ul>

**3.2.3 Chemische Thermodynamik****mögliche Kontexte**

- Diesel, Benzin & Co. – Treibstoffe der Zukunft?
- Selbsterhitzende Getränke- oder Suppendosen
- Linderung durch Lösungsvorgänge: Die Kälte-Sofortkompressse
- Selbsterhitzende Hand- bzw. Taschenwärmer
- Chemie am Bau: innovative Materialien als Latentwärmespeicher
- Biokraftwerke – Eine nachhaltige Alternative?
- Energiewirtschaftliche Konzepte, z. B. Power-to-Gas-Verfahren

### 3.2.4 Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse

Die Lernenden spüren chemisch der Erfahrung nach, dass chemische Reaktionen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit verlaufen. Hier bietet es sich an, den Weg naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu gehen und, ausgehend von Vermutungen, Experimente zu planen. Damit lässt sich die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von verschiedenen Faktoren und der Einfluss von Katalysatoren untersuchen.

Am Beispiel der Reaktion von Halogenen mit Alkanen soll die Abhängigkeit von Reaktionsbedingungen veranschaulicht und auf den Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution bezogen werden.

Im Leistungskurs beschreiben die Lernenden die Reaktionsgeschwindigkeit auch quantitativ und betrachten die Wirkungsweise von Katalysatoren vertieft auf Teilchenebene.

Ausgewählte Inhalte ermöglichen Bezüge zu den übergreifenden Themen Nachhaltige Entwicklung / Lernen in globalen Zusammenhängen sowie Mobilitätsbildung und Verkehrserziehung.

	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Reaktionsgeschwindigkeit</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Temperatur, Konzentration und Zerteilungsgrad</li> <li>– Stoßtheorie</li> <li>– RGT-Regel</li> <li>– Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit vom Licht oder von Wärme bei der Reaktion von Alkanen mit Halogenen – Mechanismus der radikalischen Substitution</li> <li>– die Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit während einer Reaktion qualitativ betrachten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– die Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit während einer Reaktion in Bezug auf Edukte und Produkte qualitativ auswerten:</li> </ul> $v = \frac{\Delta c}{\Delta t} \text{ und } v = k \cdot c$
	<b>Katalyse</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Eigenschaften von Katalysatoren (Reaktionsweg, Übergangszustand)</li> <li>– Wirkungsweise von Katalysatoren</li> <li>– Biokatalysatoren (Enzyme)</li> <li>– homogene und heterogene Katalyse</li> <li>– energetischer Verlauf katalysierter und nichtkatalysierter Reaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Autokatalyse</li> <li>– Modelldarstellung einer Oberflächenkatalyse</li> </ul>

3.2.4 Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
Fachbegriffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierungsenergie</li> <li>– wirksamer Zusammenstoß</li> <li>– Mindestenergie, kinetische Energie</li> <li>– mittlere Reaktionsgeschwindigkeit</li> <li>– Inhibitor</li> <li>– Radikal, Radikalbildung, homolytische Spaltung, Kettenstart, Alkylradikal, Kettenfortpflanzung, Kettenabbruch (Rekombination)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diffusion, Adsorption, Dissoziation, Desorption</li> </ul>
Untersuchungen, Experimente	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Untersuchung der Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Temperatur, Konzentration und Zerteilungsgrad</li> <li>– ein Experiment zur Aufnahme des zeitlichen Verlaufs einer chemischen Reaktion</li> <li>– ein Experiment, bei dem die Reaktionsgeschwindigkeit durch einen Katalysator beeinflusst wird</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– eine Autokatalyse</li> </ul>
Basiskonzepte	<p><b>Konzept der chemischen Reaktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Steuerungsmöglichkeiten der Reaktionsgeschwindigkeit</li> </ul> <p><b>Energiekonzept</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Einfluss eines Katalysators auf die Aktivierungsenergie</li> </ul>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wechselwirkungen zwischen Teilchen bei der Oberflächenkatalyse</li> </ul>

3.2.4 Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben Einflussfaktoren auf chemische Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren. (S 8)</li> <li>– formulieren Fragestellungen zur Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit (E 2) und planen das experimentelle Vorgehen zur Überprüfung. (E 4)</li> <li>– stellen eine quantitative Untersuchung zum zeitlichen Verlauf einer Reaktion an, protokollieren und werten mit Diagrammen aus. (E 5)</li> <li>– erklären unterschiedliche Reaktionsverläufe. (S 9)</li> <li>– beschreiben den Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution. (S 14)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nutzen Modelle, um chemische Abläufe auf der Katalysatoroberfläche zu veranschaulichen. (E 7)</li> <li>– nutzen das Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe zur Vernetzung vielfältiger Sachverhalte innerhalb der Chemie (z. B. katalytische Prozesse) sowie mit anderen Unterrichtsfächern (z. B. Physik oder Biologie). (S 10)</li> </ul>
mögliche Kontexte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kinetik in der Küche: Kühlschrank, Dampfdrucktopf und ...</li> <li>– Explosionen – Superschnelle Reaktionen</li> <li>– Autoabgaskatalysatoren – Saubere Luft aus dem Auspuff?</li> <li>– Ad Blue und SCR Katalysator – Eine Lösung für saubere Abgase von Dieselmotoren?</li> <li>– Biokatalysatoren: Die Katalase in Kartoffeln</li> <li>– Katalyse bei Kontaktlinsenreinigern</li> </ul>	



### 3.2.5 Chemisches Gleichgewicht

Ausgehend von umkehrbaren Reaktionen werden die Merkmale des chemischen Gleichgewichts betrachtet und Gleichgewichtsreaktionen modellhaft veranschaulicht. Mithilfe des Massenwirkungsgesetzes (MWG) formulieren die Lernenden quantitative Aussagen zur Lage von Gleichgewichten, wobei im Leistungskurs auch darauf eingegangen wird, das MWG herzuleiten.

Das Prinzip von LE CHATELIER wird auf verschiedene Beispiele angewendet, im Leistungskurs auch auf Lösungsgleichgewichte. In diesem Zusammenhang wird die konduktometrische Fällungstitration als ein Verfahren der instrumentellen Analyse erarbeitet.

Die Estersynthese als eine typische Gleichgewichtsreaktion wird im Leistungskurs mechanistisch betrachtet und in diesem Zusammenhang die Wirkungsweise eines Katalysators aufgegriffen.

Es bietet sich im Leistungskurs die Möglichkeit, an einer bedeutenden großtechnischen Synthese die Umsetzung der theoretischen Kenntnisse in die Praxis und die Bedeutsamkeit von Katalysatoren zu diskutieren.

	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Beschreibung des chemischen Gleichgewichtes</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen als Voraussetzung für das chemische Gleichgewicht</li> <li>– Merkmale des chemischen Gleichgewichts</li> <li>– Massenwirkungsgesetz (MWG)</li> <li>– Berechnung und Interpretation der Gleichgewichtskonstante</li> <li>– Berechnungen von Gleichgewichtskonzentrationen mit dem MWG nur für Fälle mit <math>\Delta v = 0</math> (Differenz der Stöchiometriefaktoren nach und vor der Reaktion) auch am Beispiel der Estersynthese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– das MWG aus den Reaktionsgeschwindigkeiten der Hin- und Rückreaktion herleiten</li> </ul>
	<b>Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abhängigkeit der Gleichgewichtskonstante von der Temperatur</li> <li>– Beeinflussung der Gleichgewichtslage durch Temperatur-, Druck- und Konzentrationsänderung, Prinzip von LE CHATELIER</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einfluss des Katalysators bei Gleichgewichtsreaktionen: mechanistische Betrachtung der säurekatalysierten Estersynthese (<math>S_N</math>)</li> <li>– das MWG an einem technischen Syntheseverfahren (z. B. HABER-BOSCH -Verfahren) anwenden</li> </ul>
<b>Löslichkeitsgleichgewicht</b>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fällungsreaktionen</li> <li>– Löslichkeitsprodukt und Interpretation von <math>K_L</math>-Werten</li> <li>– Grundlagen der Konduktometrie</li> </ul>

3.2.5 Chemisches Gleichgewicht		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
Fachbegriffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gleichgewichtspfeil</li> <li>– Prinzip des kleinsten Zwangs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protonierung, nucleophiler Angriff, Zwischenprodukt, Rückgewinnung des Katalysators, Kondensationsreaktion</li> <li>– gesättigte Lösung, Bodenkörper, Kristallisation</li> </ul>
Untersuchungen, Experimente	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ein Modellversuch zum chemischen Gleichgewicht</li> <li>– ein Experiment, um die Verschiebung des Gleichgewichts zu veranschaulichen (z. B. durch Konzentrationsänderung eines Eduktes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– eine konduktometrische Fällungstiteration</li> </ul>
Basiskonzepte	<b>Konzept der chemischen Reaktion</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen</li> <li>– Gleichgewichtsreaktionen und deren Beeinflussung</li> </ul>	<b>Konzept der chemischen Reaktion</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Steuerung technischer Prozesse</li> </ul>
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen. (S 7)</li> <li>– beschreiben, auch mithilfe von Modellen, das dynamische Gleichgewicht und wenden es auf verschiedene Beispiele an. (S 7)</li> <li>– beschreiben die Einflussfaktoren auf die Gleichgewichtslage und wenden das Prinzip von LE CHATELIER auf verschiedene Reaktionen an. (S 8)</li> <li>– wenden mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an. (S 17)</li> <li>– wählen geeignete Real- oder Denkmodelle, um das dynamische Gleichgewicht zu illustrieren (E 7) und diskutieren Möglichkeiten der Grenzen von Modellen. (E 9)</li> <li>– grenzen mithilfe von Modellen beim chemischen Gleichgewicht den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab. (S 15)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beurteilen und bewerten, wie sich chemische Verfahren und Erkenntnisse sowie das eigene Handeln im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive auswirken. (B 13)</li> <li>– nehmen eine quantitative Untersuchung (Konduktometrie) vor, protokollieren und werten mit Diagrammen aus. (E 5)</li> <li>– beurteilen fachlich, je nach Kontext, Chancen und Risiken ausgewählter Produkte und Verhaltensweisen und bewerten diese. (B 6)</li> </ul>

**3.2.5 Chemisches Gleichgewicht****mögliche Kontexte**

- Düngemittel und Sprengstoffe: Das OSTWALD- und HABER-BOSCH-Verfahren
- Vom Schwefel zur Schwefelsäure: Das Doppelkontaktverfahren
- Lebensmittelaromen: Die Estersynthese
- Wasserkocher und Tropfsteine: Das Carbonat-Hydrogencarbonat-Gleichgewicht
- Oxalsäure-Gehalt von Rhabarber und Co.
- 12 Kriterien von Green Chemistry

### 3.2.6 Säure-Base-Reaktionen

Die Lernenden wenden das Donator-Akzeptor-Prinzip auf Reaktionen mit Protonenübergang an und begreifen die Reaktion eines Stoffes als Säure oder Base nach der Theorie von BRÖNSTED. Während im Grundkurs sehr starke Säuren betrachtet werden, sind im Leistungskurs auch starke bis schwache sowie mehrprotonige Säuren Gegenstand des Unterrichts.

Die Autoprotolyse des Wassers dient als Ausgangspunkt, um den pH-Wert im Grundkurs und zusätzlich den pOH- und pK-Werte im Leistungskurs herzuleiten. Sie werden sinnvoll an verschiedenen Beispielen berechnet.

Die Lernenden des Grundkurses nehmen stöchiometrische Berechnungen bei der Maßanalyse vor. Die Lernenden des Leistungskurses setzen sich zusätzlich mit grafischen Methoden anhand von Titrationskurven auseinander. Sie entwickeln auch, insbesondere auf der Teilchenebene, ein tieferes Verständnis für die Wirkung chemischer Puffersysteme, verzichten dabei aber auf Berechnungen.

Am Beispiel hydratisierter Metall-Ionen wird die koordinative Bindung exemplarisch erarbeitet. Anhand der Aquakomplexe werden pH-Werte von Salzlösungen erklärt.

Je nach Kontext gibt es Bezüge zu den übergreifenden Themen Verbraucherbildung, Gesundheitsförderung sowie Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen.

	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Säure-Base-Theorie von BRÖNSTED</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Donator-Akzeptor-Prinzip von Protolysereaktionen</li> <li>– Definition und typische Strukturmerkmale von Säure- und Base-Teilchen nach BRÖNSTED</li> <li>– Umkehrbarkeit von Protolysereaktionen</li> <li>– Nachweisreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mehrstufige Protolysereaktionen</li> <li>– induktiver Effekt: Einfluss auf die Acidität organischer Säuren</li> </ul>
	<b>Säure-Base-Reaktionen im wässrigen Milieu</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– das MWG auf Protolysereaktionen anwenden</li> <li>– Interpretation von Säure-Base-Konstanten und <math>pK_S</math>- und <math>pK_B</math>-Werten</li> <li>– Autoprotolyse des Wassers</li> <li>– das Ionenprodukt des Wassers herleiten</li> <li>– pH-Wert</li> <li>– pH-Wert bei vollständiger Protolyse berechnen: <math>pH = -\lg c(H_3O^+)</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Säure-Base-Konstanten herleiten</li> <li>– pOH-Wert, <math>pK_W = pH + pOH</math></li> <li>– pH-Wert bei unvollständiger Protolyse für starke bzw. mittelstarke bis schwache Säuren berechnen mittels:  <math display="block">c(H_3O^+) = -\frac{K_S}{2} + \sqrt{\left(\frac{K_S}{2}\right)^2 + K_S \cdot c_0(HA)}</math>           bzw. <math>pH = \frac{1}{2} (pK_S - \lg c_0(HA))</math> </li> <li>– pH-Werte von Salzlösungen</li> <li>– koordinative Bindung am Beispiel von hydratisierten Metall-Ionen</li> </ul>

3.2.6 Säure-Base-Reaktionen		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
Inhalte	<b>Quantitative Analyse auf Grundlage von Säure-Base-Reaktionen</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Säure-Base-Titration zur Konzentrationsbestimmung unter Verwendung von Indikatoren mit Äquivalenzpunkt im neutralen Milieu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verlauf und Interpretation verschiedener Titrationskurven (einprotoniger und mehrprotoniger Säuren bzw. starker Säuren mit schwachen Basen oder umgekehrt)</li> <li>– charakteristische Punkte einer Titrationskurve ermitteln</li> </ul>
		<b>Puffersysteme</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Definition, Zusammensetzung, Beispiele</li> <li>– Bedeutung in Natur und Technik</li> <li>– Pufferwirkung</li> </ul>
Fachbegriffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>– BRÖNSTED-Säure, BRÖNSTED-Base</li> <li>– Protonendonator, -akzeptor</li> <li>– korrespondierende Säure-Base-Paare</li> <li>– Oxonium-Ion</li> <li>– amphoter, Ampholyt</li> <li>– Neutralisationstiteration</li> <li>– Umschlagpunkt</li> <li>– Äquivalenzpunkt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Neutralpunkt</li> <li>– Halbäquivalenzpunkt</li> <li>– Ligand, Zentralteilchen, koordinative Bindung</li> </ul>
Untersuchungen, Experimente	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nachweis von Chlorid-, Bromid-, Carbonat-, Hydroxid-, Oxonium-, Ammonium-Ionen</li> <li>– eine Säure-Base-Titration bei vollständiger Protolyse (z. B. Salzsäure / Natronlauge)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– pH-Werte von Salzlösungen bestimmen</li> <li>– Pufferwirkung veranschaulichen</li> </ul>

3.2.6 Säure-Base-Reaktionen		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang zwischen Strukturmerkmalen von Teilchen und deren Funktion als BRÖNSTED-Säure oder BRÖNSTED-Base</li> </ul> <p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Säure-Base-Reaktionen als Protonenübergänge im Sinne des Donator-Akzeptor-Prinzips</li> <li>– Säure-Base-Reaktionen als umkehrbare chemische Reaktionen</li> </ul>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wesen einer koordinativen Bindung am Beispiel hydratisierter Metall-Ionen</li> </ul> <p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Steuerungsmöglichkeiten von Säure-Base-Reaktionen nach dem Prinzip von LE CHATELIER (Konzentrationsänderung)</li> </ul>
<b>mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung</b>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden es exemplarisch auf Säure-Base-Reaktionen aus Natur, Technik und Alltag an. (S 7)</li> <li>– führen, den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend, Säure-Base-Titrationen als quantitative experimentelle Untersuchungen durch, protokollieren sie und werten sie rechnerisch und grafisch aus. (E 5)</li> <li>– wenden bekannte mathematische Verfahren auf Säure-Base-Titrationen und pH-Wertberechnungen an. (S 17)</li> <li>– nutzen ggf. digitale Werkzeuge und Medien, um Messwerte aufzunehmen, darzustellen und auszuwerten oder für Berechnungen bei Säure-Base-Titrationen. (E 6)</li> <li>– treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen, denen Säure-Base-Reaktionen zugrunde liegen. (B 7)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– leiten aus typischen Strukturmerkmalen von Teilchen deren Funktion als Protonendonator bzw. -akzeptor begründet ab. (S 2)</li> <li>– nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intermolekularen Wechselwirkungen, um Protolysereaktionen zu erklären. (S 13)</li> <li>– wählen aussagekräftige Informationen zu chemischen Sachverhalten (z. B. <math>pK_S</math>-/<math>pK_B</math>-Werte) aus. (K 2)</li> </ul>

**3.2.6 Säure-Base-Reaktionen****mögliche Kontexte**

- Traditionelle Hausmittel oder moderne Haushaltsreiniger?
- Cola – Starke Erfrischung mit schwachen Säuren
- Äpfel, Weintrauben & Co – Saure Früchtchen?
- Wenn sauer sauber macht – Reinigung des Swimmingpools
- Antazida – Wenn der Magen sauer wird
- Genialer Trick der Natur: Blutpuffer
- Die Chemie der Zahnpflegekaugummis
- Der Salzkristall-Deostick

### 3.2.7 Indikatorfarbstoffe

Die Lernenden begreifen das Phänomen der Farbigkeit als Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung und Elektronen. Die Abhängigkeit der Farbigkeit von der Farbstoff-Molekülstruktur erklären sie modellhaft, wobei der Begriff der  $\pi$ -Elektronen ohne orbitaltheoretische Betrachtungen nur dazu dient, Elektronen zu unterscheiden.

Anhand verschiedener Farbstoff-Moleküle lernen die Lernenden den Begriff des aromatischen Systems kennen und erfahren dessen Bedeutsamkeit. Als Besonderheit aromatischer Systeme wird hier exemplarisch die typische Reaktion der elektrophilen Substitution mechanistisch betrachtet.

Am Beispiel ausgewählter Indikatoren begreifen die Lernenden das Funktionsprinzip des Farbwechsels von Indikatoren.

Farbstoffgemische werden mithilfe der Chromatografie qualitativ analysiert. Der  $R_f$ -Wert wird am Beispiel erklärt.

Indem die Verwendungsmöglichkeiten von Indikatorfarbstoffen thematisiert werden, kann die Alltagsrelevanz der Farbstoffchemie im Kontext des übergreifenden Themas Verbraucherbildung (z. B. Lebensmittelfarbstoffe) hervorgehoben werden.

	<b>Leistungskurs</b>
<b>Inhalte</b>	<b>Zusammenhang zwischen Licht und Farbe</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Licht als elektromagnetische Strahlung</li> <li>– Wechselwirkung von Licht und Materie</li> <li>– Energiestufenmodell</li> </ul>
	<b>Zusammenhang zwischen Struktur und Farbigkeit</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedeutung und Verwendung von Farbstoffen</li> <li>– aromatisches System</li> <li>– elektrophile Erstsabstitution am Aromaten</li> <li>– Mesomeriemodell</li> <li>– Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit bei Farbstoffen</li> <li>– Bedeutung / Verwendung von Indikatorfarbstoffen</li> <li>– Struktur ausgewählter Moleküle von Indikatorfarbstoffen am Beispiel je eines Triphenylmethanfarbstoffs und Azofarbstoffs</li> <li>– Säure-Base-Theorie nach BRÖNSTED auf Indikatorfarbstoffe anwenden</li> <li>– Chromatografie, <math>R_f</math>-Werte anhand von Indikatorfarbstoffgemischen ermitteln und interpretieren (z. B. Unitest)</li> </ul>
<b>Fachbegriffe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– elektromagnetisches Spektrum</li> <li>– Absorption und Reflexion</li> <li>– Absorptionsspektrum, Absorptionsmaximum</li> <li>– Anregungsenergie</li> <li>– konjugiertes Doppelbindungssystem</li> <li>– Chromophor, auxochrome und antiauxochrome Gruppen</li> <li>– mesomere Effekte</li> <li>– delokalisierte <math>\pi</math>-Elektronen</li> <li>– bathochromer und hypsochromer Effekt</li> <li>– Indikatorsäure und -base</li> </ul>



3.2.7 Indikatorfarbstoffe	
	Leistungskurs
Untersuchungen, Experimente	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Indikatorfarbstoffreaktionen mit Säuren und Basen</li> <li>– chromatografische Untersuchung von Farbstoffgemischen</li> </ul>
Basiskonzepte	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge zwischen der Molekülstruktur und der Farbigkeit</li> <li>– Beeinflussung der Farbigkeit durch Strukturveränderungen</li> </ul> <p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– das Donator-Akzeptor-Prinzip auf Reaktionen von Farbstoffen anwenden</li> </ul>
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– leiten Voraussagen über die Farbigkeit von Stoffen auf Basis chemischer Strukturen begründet ab. (S 2)</li> <li>– unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene bei der Erklärung der Farbigkeit mithilfe des Energiestufenmodells. (S 15)</li> <li>– wenden das Donator-Akzeptor-Prinzip chemischer Reaktionen auf Indikatorfarbstoffe an. (S 7)</li> <li>– beschreiben, wie sich Veränderungen eines delokalisierten Elektronensystems durch eine Säure-Base-Reaktion auswirken, um die Funktionsweise von Indikatorfarbstoffen zu erklären. (S 8)</li> <li>– beschreiben die Reaktionen der Indikatorfarbstoffe mithilfe des Donator-Akzeptor-Prinzips. (S 7)</li> <li>– diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des Mesomeriemodells. (B 1)</li> <li>– unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache bei Begriffen zum Thema Farbe. (K 6)</li> <li>– beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit beim Einsatz von Azofarbstoffen im Alltag. (B 11)</li> <li>– wählen aussagekräftige Informationen und Daten zu chemischen Sachverhalten eines betrachteten Kontextes aus und erschließen Informationen aus Quellen mit unterschiedlichen, auch komplexen Darstellungsformen. (K 2)</li> </ul>
mögliche Kontexte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tinte weg mit Tintenschreck – Chemie der Tinte und des Tintenkillers</li> <li>– Farbe mit Durchschlagskraft – kohlefreies Durchschreibpapier</li> <li>– Wandelbare Blütenfarbstoffe</li> <li>– Bunt – bunter – Universalindikator</li> <li>– Alizarin – geeignet als Färbemittel für Textilien?</li> <li>– Thermochrome Farbstoffe</li> </ul>

### 3.2.8 Redoxreaktionen

Die Lernenden erweitern ihre Kenntnisse zu Redoxreaktionen durch das Modell der Oxidationszahlen. Sie festigen diese anhand ausgewählter Beispiele für Reaktionen organischer und anorganischer Verbindungen. Dabei ist der Fokus in besonderer Weise darauf gerichtet, die Fachsprache und die neuen Fachbegriffe korrekt anzuwenden.

Im Leistungskurs wird unter Anwendung des BOHR-SOMMERFELDSchen Atommodells der Zusammenhang zwischen Atombau und Oxidationsstufen der Elemente verdeutlicht.

Die angegebenen Kontexte haben Bezüge zu den übergreifenden Themen „Verbraucherbildung“ (Bleich- und Desinfektionsmittel) und „Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen“ (langfristige Nutzung natürlicher Ressourcen).

	<b>Grundkurs</b>	<b>Leistungskurs</b> (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalt</b>	<b>Grundlagen von Redoxreaktionen</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau, Eigenschaften und Verwendung von Metallen</li> <li>– Metallbindung, Metallgitter</li> <li>– Rohstoffgewinnung durch Redoxreaktion am Beispiel eines Metalls</li> <li>– Redoxreihe der Metalle</li> <li>– Regeln, um die Oxidationszahlen der Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen zu bestimmen</li> <li>– Oxidationsreihe vom Alkanol zur Alkansäure</li> <li>– Gleichungen für Redoxreaktionen unter Angabe der Teilgleichungen aufstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– BOHR-SOMMERFELDSches Atommodell</li> <li>– Elektronenkonfiguration der Haupt- und Nebengruppenelemente</li> </ul>
<b>Fachbegriffe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elektronengas, Valenzelektronen</li> <li>– Oxidation, Reduktion, korrespondierende Redoxpaare, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel</li> <li>– Elektronen-Donator, Elektronen-Akzeptor</li> <li>– Oxidationszahl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Disproportionierung und Synproportionierung</li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Metalle aus Metallsalzlösungen abscheiden</li> <li>– Nachweis der reduzierenden Wirkung der Aldehyd-Gruppe durch FEHLING- oder TOLLENS-Probe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Oxidation von Alkanolen</li> <li>– Redoxtitration</li> </ul>

3.2.8 Redoxreaktionen		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge zwischen Bau, Eigenschaften und Verwendung von Metallen</li> </ul> <p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Redoxreaktionen als Elektronenübergänge nach dem Donator-Akzeptor-Prinzip</li> </ul>	<p><b>Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Oxidationsstufen der Elemente aus deren Elektronenkonfiguration ableiten</li> </ul> <p><b>Konzept der chemischen Reaktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Disproportionierung und Synproportionierung als besondere Beispiele des Donator-Akzeptor-Prinzips</li> </ul>

3.2.8 Redoxreaktionen		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– interpretieren Phänomene der Stoffumwandlung bei Redoxreaktionen. (S 3)</li> <li>– bestimmen den Reaktionstyp Redoxreaktion. (S 4)</li> <li>– unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene bei der Betrachtung von Redoxreaktionen. (S 6)</li> <li>– beschreiben das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden dieses an. (S 7)</li> <li>– nehmen qualitative experimentelle Untersuchungen ausgewählter Redoxreaktionen vor, beachten dabei die chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln, protokollieren und werten aus. (E 5)</li> <li>– nutzen das Modell der Oxidationszahlen, um Redoxreaktionen zu erkennen und zu beschreiben. (E 7)</li> <li>– strukturieren die Informationen zum Redoxverhalten von Metall-Atomen und Metall-Ionen und leiten Schlussfolgerungen ab. (K 8)</li> <li>– verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt. (K 9)</li> <li>– treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen. (B 7)</li> <li>– beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit im Labor, z. B. bei der Durchführung stark exothermer Redoxreaktionen zur Metallgewinnung. (B 11)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– planen experimentbasierte Vorgehensweisen, um Hypothesen zu prüfen. (E 4)</li> <li>– diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des BOHR-SOMMERFELD-schen Atommodells beim Ableiten der Oxidationszahlen für Elemente. (E 9)</li> </ul>
mögliche Kontexte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vom Eisenerz zum Roheisen</li> <li>– Kupfergewinnung in der Frühzeit – Ötzi's Kupferbeil</li> <li>– Vom Quarzsand zum Mikrochip</li> <li>– Rost und Wärmepflaster</li> <li>– Farbenspiel der Redoxreaktionen</li> <li>– Bleich- und Desinfektionsmittel – Oxidationsmittel im Alltag</li> <li>– OLED-Display – Phänomenale Farben mit Metall-Ionen</li> </ul>	

### 3.2.9 Elektrochemie

Elektrochemische Spannungsquellen, Elektrolyse- und Korrosionsvorgänge stehen für gesellschaftlich und wirtschaftlich wichtige Themen, die in diesem Themenfeld angesprochen werden. Die Lernenden setzen sich dabei mit der Frage auseinander, welchen Beitrag die Chemie leisten kann, um technologische und umweltrelevante Probleme zu lösen. Alternative Energieträger und Energiespeicherung werden hier in den Blick genommen.

Während im Grundkurs vorwiegend phänomenologische Erörterungen erfolgen, werden diese im Leistungskurs auch quantitativ untermauert. Bei der Betrachtung galvanischer Zellen spielt im Leistungskurs zusätzlich die Konzentrationsabhängigkeit der Elektrodenpotenziale eine Rolle.

Am Beispiel superhydrophober Materialien zum Korrosionsschutz lernen die Schülerinnen und Schüler ein Nanomaterial mit seiner Nanostruktur und seiner Oberflächeneigenschaft kennen.

Die angegebenen Kontexte sind mit den übergreifenden Themen „Nachhaltige Entwicklung/Lernen in globalen Zusammenhängen“ sowie „Mobilitätsbildung und Verkehrserziehung“ verknüpft. Von den Lernenden eigenhändig erstellte Medienprodukte können elektrochemische Reaktionen illustrieren.

	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Inhalte</b>	<b>Elektrochemische Spannungsquellen</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Arbeitsweise einer galvanischen Zelle am Beispiel des DANIELL-Elements</li> <li>– Standardwasserstoff-Zelle, um Standardelektrodenpotenziale zu ermitteln</li> <li>– elektrochemische Spannungsreihe</li> <li>– Zellspannung unter Standardbedingungen berechnen: <math display="block">U = E^0(\text{Akzeptor}) - E^0(\text{Donator})</math></li> <li>– Arten elektrochemischer Spannungsquellen (Primär-, Sekundärelement und Brennstoffzelle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotenzials</li> <li>– Berechnungen mit der NERNST-Gleichung, nur für Redoxpaare Metall-Atom/Metall-Ion: <math display="block">E = E^0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{c(\text{Ox})}{c(\text{Red})}</math></li> </ul>
	<b>Elektrochemische Korrosion</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lokalelement</li> <li>– Vorgänge bei der Sauerstoff- und Säure-Korrosion von Metallen</li> <li>– Korrosionsschutz mit Opferanoden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Definition, Beispiele für Strukturen und Oberflächeneigenschaften eines Nanomaterials</li> </ul>
	<b>Elektrolyse</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– theoretische Grundlagen der Elektrolyse</li> <li>– technische Elektrolyse an einem Beispiel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elektrolyse in einer wässrigen Lösung</li> <li>– <math>n = \frac{I \cdot t}{z \cdot F}</math> (1. FARADAY-Gesetz)</li> <li>– <math>\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_1}{z_2}</math> (2. FARADAY-Gesetz)</li> </ul>	

<b>3.2.9 Elektrochemie</b>		
	<b>Grundkurs</b>	<b>Leistungskurs</b> (zusätzlich zum Grundkurs)
<b>Fachbegriffe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– elektrochemische Doppelschicht</li> <li>– elektrochemische Elektrode</li> <li>– Donator- und Akzeptor-Halbzelle</li> <li>– Kathode, Anode</li> <li>– Elektrolysezelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Konzentrationszelle</li> <li>– Überspannung</li> <li>– Zersetzungsspannung</li> </ul>
<b>Untersuchungen, Experimente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ein galvanisches Element bauen und die Zellspannung messen</li> <li>– Vorgänge bei Korrosion untersuchen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Konzentrationszelle</li> <li>– Elektrolyse einer wässrigen Lösung (z. B. von Zinkiodid)</li> <li>– ein Experiment, um eine superhydrophobe Beschichtung herzustellen (z. B. Kupfer mit Laurinsäure beschichten)</li> </ul>
<b>Basiskonzepte</b>	<p><b>Konzept der chemischen Reaktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Elektronenübergänge und Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen bei Vorgängen in einer galvanischen Zelle und einer Elektrolysezelle</li> </ul> <p><b>Energiekonzept</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energieumwandlungen in galvanischen Zellen und bei Elektrolysen</li> </ul>	<p><b>Energiekonzept</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– freiwillige und erzwungene chemische Reaktionen</li> </ul>

3.2.9 Elektrochemie		
	Grundkurs	Leistungskurs (zusätzlich zum Grundkurs)
mögliche Beiträge zur Kompetenzentwicklung	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei elektrochemischen Reaktionen. (S 3)</li> <li>– unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene bei Betrachtung der elektrochemischen Reaktionen. (S 6)</li> <li>– beschreiben Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen. (S 7)</li> <li>– entwickeln Reaktionsgleichungen für elektrochemische Reaktionen. (S 16)</li> <li>– leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab (z. B. eine Batterie entladen, einen Akku laden). (E 1)</li> <li>– identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu chemischen Sachverhalten (z. B. Korrosion von Metallgegenständen). (E 2)</li> <li>– nehmen <b>qualitative</b> experimentelle Untersuchungen ausgewählter elektrochemischer Reaktionen vor, beachten dabei die chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln, protokollieren und werten aus. (E 5)</li> </ul>	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nehmen <b>quantitative</b> experimentelle Untersuchungen ausgewählter elektrochemischer Reaktionen vor, beachten dabei die chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln, protokollieren und werten aus. (E 5)</li> <li>– planen, indem sie die Variablenkontrolle bedenken, experimentbasierte Vorgehensweisen, um Hypothesen bei der Untersuchung der Konzentrationszellen zu prüfen. (E 4)</li> </ul>
mögliche Kontexte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Von der Wasserelektrolyse zur Brennstoffzelle</li> <li>– Von der VOLTA-Säule zum Lithium-Ionen-Akkumulator</li> <li>– Damit der Rost nicht alles frisst ...</li> <li>– Elektromobil durch die Zukunft?</li> <li>– Reinigung von Silberbesteck – Eine elektrochemische Reaktion im Haushalt</li> <li>– Autarke Energieversorgung für Herzschrittmacher durch Glucose-Brennstoffzelle</li> <li>– Aluminium: Leichtes Metall, leicht zu gewinnen?</li> <li>– Die Feststoffbatterie – Eine nachhaltige Alternative?</li> </ul>	