

**Richtlinien und Lehrpläne  
für die Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule  
in Nordrhein-Westfalen**

**Chemie**

ISBN 3–89314–601–6

Heft 4723

Herausgegeben vom  
Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Völklinger Straße 49, 40221 Düsseldorf

Copyright by Ritterbach Verlag GmbH, Frechen

Druck und Verlag: Ritterbach Verlag  
Rudolf-Diesel-Straße 5–7, 50226 Frechen  
Telefon (0 22 34) 18 66-0, Fax (0 22 34) 18 66 90  
[www.ritterbach.de](http://www.ritterbach.de)

1. Auflage 1999

## Vorwort

Die bisher vorliegenden Richtlinien und Lehrpläne für die gymnasiale Oberstufe sind im Jahre 1981 erlassen worden. Sie haben die Arbeit in der gymnasialen Oberstufe geprägt, sie haben die fachlichen Standards für neue Fächer erstmalig formuliert und so die Grundlage für die Vergleichbarkeit der Abituranforderungen gesichert.

Die Überarbeitung und Weiterentwicklung muss bewährte Grundorientierungen der gymnasialen Oberstufe sichern und zugleich Antworten auf die Fragen geben, die sich in der Diskussion der Kultusministerkonferenz seit 1994 im Dialog mit der Hochschulrektorenkonferenz und in der Diskussion der Schulen und der pädagogisch interessierten Öffentlichkeit herausgebildet haben und aus deren Beantwortung sich die Leitlinien der Weiterentwicklung ergeben.

Hierbei sind folgende Gesichtspunkte wesentlich:

- Eine vertiefte allgemeine Bildung, wissenschaftspropädeutische Grundbildung und soziale Kompetenzen, die in der gymnasialen Oberstufe erworben bzw. weiterentwickelt werden, sind Voraussetzungen für die Zuerkennung der allgemeinen Hochschulreife; sie befähigen in besonderer Weise zur Aufnahme eines Hochschulstudiums oder zum Erlernen eines Berufes.
- Besondere Bedeutung kommt dabei grundlegenden Kompetenzen zu, die notwendige Voraussetzung für Studium und Beruf sind. Diese Kompetenzen – sprachliche Ausdrucksfähigkeit, fremdsprachliche Kommunikationsfähigkeit, Umgang mit mathematischen Systemen, Verfahren und Modellen – werden nicht nur in den Fächern Deutsch, Mathematik, Fremdsprache erworben.
- Lernprozesse, die nicht nur auf kurzfristige Lernergebnisse zielen, sondern die dauerhafte Lernkompetenzen aufbauen, müssen gestärkt werden. Es sollten deutlicher Lehr- und Lernsituationen vorgesehen werden, die selbstständiges Lernen und Lernen in der Gruppe begünstigen und die die Selbststeuerung des Lernens verbessern.
- Zum Wesen des Lernens in der gymnasialen Oberstufe gehört das Denken und Arbeiten in übergreifenden Zusammenhängen und komplexen Strukturen. Unverzichtbar dafür ist neben dem fachbezogenen ein fachübergreifend und fächerverbindend angelegter Unterricht.

Lernen in diesem Sinne setzt eine deutliche Obligatorik und den klaren Ausweis von Anforderungen, aber auch Gestaltungsspielräumen für die Schulen voraus. Die Richtlinien und Lehrpläne sollen die Arbeit in der gymnasialen Oberstufe steuern und entwickeln. Sie sichern durch die Festlegung von Verbindlichkeiten einen Bestand an gemeinsamen Lernerfahrungen und eröffnen Freiräume für Schulen, Lehrkräfte und Lerngruppen.

Die Richtlinien und Lehrpläne bilden eine Grundlage für die Entwicklung und Sicherung der Qualität schulischer Arbeit. Sie verdeutlichen, welche Ansprüche von Eltern, Schülerinnen und Schülern an die Schule gestellt werden können und welche Anforderungen die Schule an Schülerinnen und Schüler stellen kann. Sie sind Bezugspunkt für die Schulprogrammarbeit und die regelmäßige Überprüfung der eigenen Arbeit.

Allen, die an der Entwicklung der Richtlinien und Lehrpläne mitgearbeitet haben, danke ich für ihre engagierten Beiträge.

A handwritten signature in black ink, reading 'Gabriele Behler'. The script is cursive and fluid, with the first letters of 'Gabriele' and 'Behler' being capitalized and prominent.

(Gabriele Behler)

Ministerin für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen

**Auszug aus dem Amtsblatt  
des Ministeriums für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Teil 1 Nr. 4/99**

**Sekundarstufe II –  
Gymnasiale Oberstufe des Gymnasiums und der Gesamtschule;  
Richtlinien und Lehrpläne**

RdErl. d. Ministeriums  
für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung  
v. 17. 3. 1999 – 732.36–20/0–277/99

Für die gymnasiale Oberstufe des Gymnasiums und der Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen werden hiermit Richtlinien und Lehrpläne für die einzelnen Fächer gemäß § 1 SchVG (BASS 1 – 2) festgesetzt.

Sie treten am 1. August 1999, beginnend mit der Jahrgangsstufe 11, in Kraft. Die in den Lehrplänen vorgesehenen schulinternen Abstimmungen zur Umsetzung der Lehrpläne können im Laufe des Schuljahres 1999/2000 erfolgen.

Die Veröffentlichung erfolgt in der Schriftenreihe „Schule in NRW“.

Die vom Verlag übersandten Hefte sind in die Schulbibliothek einzustellen und dort u. a. für die Mitwirkungsberechtigten zur Einsichtnahme bzw. zur Ausleihe verfügbar zu halten.

Die bisherigen Richtlinien und Materialien zur Leistungsbewertung treten zum 1. August 2001 außer Kraft. Die Runderlasse

vom 16. 6.1981, vom 27.10.1982 und  
vom 27. 6.1989 (BASS 15 – 31 Nr. 01, 1 bis 29),  
vom 15. 7.1981 (BASS 15 – 31 Nr. 30),  
vom 30. 6.1991 (BASS 15 – 31 Nr. 31),  
vom 9.11.1993 (BASS 15 – 31 Nr. 32) und  
vom 21.12.1983 (BASS 15 – 31 Nr. 02 bis 30.1)

werden zum 1. August 2001 aufgehoben.



# Gesamtinhalt

	Seite
<b>Richtlinien</b>	
1 Aufgaben und Ziele der gymnasialen Oberstufe	XI
2 Rahmenbedingungen	XV
3 Prinzipien des Lernens und Lehrens in der gymnasialen Oberstufe	XVII
4 Aufbau und Gliederung der gymnasialen Oberstufe	XX
5 Schulprogramm	XXI
<b>Lehrplan Chemie</b>	
1 Aufgaben und Ziele des Faches	5
2 Bereiche, Themen, Gegenstände	10
3 Unterrichtsgestaltung/Lernorganisation	53
4 Lernerfolgsüberprüfungen	89
5 Die Abiturprüfung	98
6 Hinweise zur Arbeit mit dem Lehrplan	120
7 Anhang	122



# Richtlinien

*„(1) Ehrfurcht vor Gott, Achtung vor der Würde des Menschen und Bereitschaft zum sozialen Handeln zu wecken, ist vornehmstes Ziel der Erziehung.*

*(2) Die Jugend soll erzogen werden im Geiste der Menschlichkeit, der Demokratie und der Freiheit, zur Duldsamkeit und zur Achtung vor der Überzeugung des anderen, zur Verantwortung für die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen, in Liebe zu Volk und Heimat, zur Völkergemeinschaft und Friedensgesinnung.“*

(Artikel 7 der Verfassung für das Land Nordrhein-Westfalen)

# 1 Aufgaben und Ziele der gymnasialen Oberstufe

## 1.1 Grundlagen

Die gymnasiale Oberstufe setzt die Erziehungs- und Unterrichtsarbeit der Sekundarstufe I fort. Wie in den Bildungsgängen der Sekundarstufe I vollziehen sich Erziehung und Unterricht auch in der gymnasialen Oberstufe im Rahmen der Grundsätze, die in Artikel 7 der Verfassung für das Land Nordrhein-Westfalen und in § 1 des Schulordnungsgesetzes festgelegt sind.

Die gymnasiale Oberstufe beginnt mit der Jahrgangsstufe 11 und nimmt auch Schülerinnen und Schüler aus anderen Schulformen auf, die die Berechtigung zum Besuch der gymnasialen Oberstufe besitzen. Sie vermittelt im Laufe der Jahrgangsstufen 11 bis 13 die Studierfähigkeit und führt zur allgemeinen Hochschulreife. Die allgemeine Hochschulreife ermöglicht die Aufnahme eines Studiums und eröffnet gleichermaßen den Weg in eine berufliche Ausbildung.

## 1.2 Auftrag

Die gymnasiale Oberstufe fördert den Bildungsprozess der Schülerinnen und Schüler in seiner personalen, sozialen und fachlichen Dimension. Bildung wird dabei als Lern- und Entwicklungsprozess verstanden, der sich auf das Individuum bezieht und in dem kognitives und emotionales, fachliches und fachübergreifendes Lernen, individuelle und soziale Erfahrungen, Theorie und Praxis miteinander verknüpft und ethische Kategorien vermittelt und angeeignet werden.

Erziehung und Unterricht in der gymnasialen Oberstufe sollen

- **zu einer wissenschaftspropädeutischen Ausbildung führen und**
- **Hilfen geben zur persönlichen Entfaltung in sozialer Verantwortlichkeit.**

Die genannten Aufgaben sind aufeinander bezogen. Die Schülerinnen und Schüler sollen zunehmend befähigt werden, für ihr Lernen selbst verantwortlich zu sein, in der Bewältigung anspruchsvoller Lernaufgaben ihre Kompetenzen zu erweitern, mit eigenen Fähigkeiten produktiv umzugehen, um so dauerhafte Lernkompetenzen aufzubauen. Ein solches Bildungsverständnis zielt nicht nur auf Selbstständigkeit und Selbsttätigkeit, sondern auch auf die Entwicklung von Kooperationsbereitschaft und Teamfähigkeit.

Voraussetzung für das Gelingen dieses Bildungsprozesses ist die Festigung „einer **vertieften allgemeinen Bildung** mit einem gemeinsamen Grundbestand von Kenntnissen und Fähigkeiten, die nicht erst in der gymnasialen Oberstufe erworben werden sollen“<sup>1)</sup>. Die Schülerinnen und Schüler sollen durch die Auseinandersetzung mit einem Gefüge von Aufgabenfeldern, fachlichen und überfachlichen Themen, Gegenständen, Arbeitsweisen und Lernformen studierfähig werden.

---

<sup>1)</sup> KMK-Beschluss vom 25.2.1994 „Sicherung der Qualität der allgemeinen Hochschulreife als schulische Abschlussqualifikation und Gewährleistung der Studierfähigkeit“.

## **1.3 Erziehung und Unterricht in der gymnasialen Oberstufe**

### **1.3.1 Wissenschaftspropädeutik**

Wissenschaftspropädeutisches Lernen ist ein besonders akzentuiertes wissenschaftsorientiertes Lernen, das durch Systematisierung, Methodenbewusstsein, Problematisierung und Distanz gekennzeichnet ist und das die kognitiven und affektiven Verhaltensweisen umfasst, die Merkmale wissenschaftlichen Arbeitens sind. Wissenschaftspropädeutisches Lernen setzt Wissen voraus.

Ansätze wissenschaftspropädeutischen Arbeitens finden sich bereits in der Sekundarstufe I. Das Lernen in der gymnasialen Oberstufe baut darauf auf.

Wissenschaftspropädeutisches Lernen umfasst systematisches und methodisches Arbeiten sowohl in den einzelnen Fächern als auch in fachübergreifenden und fächerverbindenden Vorhaben.

Im Einzelnen lassen sich folgende Elemente wissenschaftspropädeutischen Lernens unterscheiden:

#### **Grundlagenwissen**

Wissenschaftspropädeutisches Lernen setzt ein jederzeit verfügbares, gut vernetztes fachliches Grundlagenwissen voraus, das eine Orientierung im Hinblick auf die relevanten Inhalte, Fragestellungen, Kategorien und Methoden der jeweiligen Fachbereiche ermöglicht und fachübergreifende Fragestellungen einschließt. Wissenschaftspropädeutisches Lernen baut daher auf einer vertieften Allgemeinbildung auf, die sich auf ein breites Spektrum von Fachbereichen und Fächern bezieht, und trägt umgekehrt zu ihr bei (vgl. Kapitel 2.3 und 2.4).

#### **Selbstständiges Lernen und Arbeiten**

Wissenschaftspropädeutisches Lernen ist methodisches Lernen. Es zielt darauf hin, dass die Schülerinnen und Schüler grundlegende wissenschaftliche Erkenntnis- und Verfahrensweisen systematisch erarbeiten.

Der Unterricht muss daher so gestaltet werden, dass die Schülerinnen und Schüler lernen, eine Aufgabenstellung selbstständig zu strukturieren, die erforderlichen Arbeitsmethoden problemangemessen und zeitökonomisch auszuführen, Hypothesen zu bilden und zu prüfen und die Arbeitsergebnisse angemessen darzustellen.

#### **Reflexions- und Urteilsfähigkeit**

Wissenschaftspropädeutisches Arbeiten erfordert problem- und prozessbezogenes Denken und Denken in Zusammenhängen. Die Schülerinnen und Schüler sollen sachgemäß argumentieren lernen, Meinungen von Tatsachen, Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden, Prinzipien und Regeln verstehen, anwenden und übertragen können. Sie sollen die Grenzen und Geschichtlichkeit wissenschaftlicher Aussagen erkennen und den Zusammenhang und das Zusammenwirken von Wissenschaften kennen lernen. Schließlich geht es um das Verständnis für grundlegende wissenschaftstheoretische und philosophische Fragestellungen, Deutun-

gen der Wirklichkeit, um ethische Grundüberlegungen und um die Reflexion des eigenen Denkens und Handelns.

### **Grundlegende Einstellungen und Verhaltensweisen für wissenschaftliches Arbeiten**

Es gilt, Verhaltensweisen zu entwickeln und zu pflegen, mit denen wissenschaftliches Arbeiten als ein spezifischer Zugriff auf Wirklichkeit erlebt und begriffen werden kann. Wissenschaft soll auch als soziale Praxis erfahrbar werden, die auf spezifische Weise eine Verständigung über unterschiedliche Positionen und Sichtweisen hinweg ermöglicht. Dazu ist Kommunikations- und Kooperationsbereitschaft erforderlich. Voraussetzung für wissenschaftspropädeutisches Arbeiten sind Verhaltensweisen wie Konzentrationsfähigkeit, Geduld und Ausdauer, das Aushalten von Frustrationen, die Offenheit für andere Sichtweisen und Zuverlässigkeit.

### **1.3.2 Persönliche Entfaltung und soziale Verantwortlichkeit**

Persönliche Entfaltung und soziale Verantwortlichkeit bestimmen den Erziehungsauftrag der gymnasialen Oberstufe. Erziehung findet in erster Linie im Unterricht statt; das Schulleben insgesamt muss aber ebenso Ansatzpunkte bieten, um den Erziehungsprozess zu fördern und die Schülerinnen und Schüler in die Arbeit und die Entscheidungsprozesse der Schule einzubeziehen.

#### **Die Schülerinnen und Schüler sollen ihre individuellen Fähigkeiten weiter entfalten und nutzen.**

Schülerinnen und Schüler sollen sich ihrer Möglichkeiten und Grenzen bewusst werden. Dieser Prozess wird dadurch unterstützt, dass durch ein Spektrum unterschiedlicher Angebote und Wahlmöglichkeiten, Anforderungen und Aufgabenstellungen sowie durch Methoden, die die Selbstständigkeit fördern, Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben wird, ihre Fähigkeiten zu entdecken, zu erproben und ihre Urteils- und Handlungsfähigkeit zu entwickeln. Hierbei soll auch den Grundsätzen einer reflexiven Koedukation Rechnung getragen werden, die die unterschiedlichen Erfahrungen, Verhaltensweisen und Einstellungen von Jungen und Mädchen berücksichtigen.

#### **Die Schülerinnen und Schüler sollen sich mit Werten, Wertsystemen und Orientierungsmustern auseinander setzen können, um tragfähige Antworten auf die Fragen nach dem Sinn des eigenen Lebens zu finden.**

Die in Grundgesetz und Landesverfassung festgeschriebene Verpflichtung zur Achtung der Würde eines jeden Menschen, die darin zum Ausdruck kommenden allgemeinen Grund- und Menschenrechte sowie die Prinzipien des demokratisch und sozial verfassten Rechtsstaates bilden die Grundlage des Erziehungsauftrages der Schule. Die Schule muss den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit geben, sich mit den Grundwerten des Gemeinwesens auseinander zu setzen und auf dieser Grundlage ihre Wertpositionen zu entwickeln.

Die Auseinandersetzung mit existentiellen Fragen, mit der eigenen Religion und mit anderen Religionen und religiösen Erfahrungen und Orientierungen, ihrer jeweiligen Wirkungsgeschichte und der von ihnen mitgeprägten gesellschaftlichen Wirklichkeit, sollen auch dazu beitragen, Antworten auf die Fragen nach dem Sinn der eigenen Existenz zu finden.

**Die Schülerinnen und Schüler sollen ihre sozialen Kompetenzen entwickeln und in der aktiven Mitwirkung am Leben in einem demokratisch verfassten Gemeinwesen unterstützt werden.**

Die Schülerinnen und Schüler müssen ihre Bereitschaft und Fähigkeit weiterentwickeln können, sich mit anderen zu verständigen und mit ihnen zu kooperieren. Dies ist sowohl für das Leben in der Schule als auch in einer demokratischen Gesellschaft und in der Staaten- und Völkergemeinschaft von Bedeutung. Es geht um eine kritische und konstruktive Auseinandersetzung mit gesellschaftlich und politisch begründeten, religiösen und kulturell gebundenen, ökonomisch geprägten und ökologisch orientierten Einstellungen und Verhaltensweisen sowie um die Entwicklung von Toleranz, Solidarität und interkultureller Akzeptanz.

Dabei ist auch ein Verhalten zu fördern, das auf Gleichberechtigung und Chancengleichheit von Frau und Mann und auf die Veränderung überkommener geschlechtsspezifischer Rollen zielt.

Der Unterricht thematisiert hierzu Geschichte und Struktur unserer Gesellschaft, ihre grundlegenden Werte und Normen, ihre sozialen, ökonomischen und ökologischen Probleme. Er vermittelt Einblicke in politische Entscheidungsprozesse und leitet dazu an, Entscheidungs- und Einflussmöglichkeiten wahrzunehmen.

**Die Schülerinnen und Schüler sollen auf ein Leben in einem zusammenwachsenden Europa und in einer international verflochtenen Welt vorbereitet werden.**

Die Welt, in der die Schülerinnen und Schüler leben werden, ist in hohem Maße durch politische, wirtschaftliche und soziale Verflechtungen bestimmt. Ein Leben in dieser Welt erfordert Kenntnisse und Einblicke in die historischen, politischen, sozialen und ökonomischen Zusammenhänge. Es benötigt Verständnis für die eigene Kultur und für andere Kulturen, für interkulturelle Zusammenhänge, setzt Fremdsprachenkompetenz, Medienkompetenz, Erfahrungen im Ausland und die Bereitschaft, in einer internationalen Friedensordnung zu leben, voraus.

**Die Schülerinnen und Schüler sollen bei ihrer Studien- und Berufswahl unterstützt werden.**

Die gymnasiale Oberstufe soll Qualifikationen fördern, die sowohl für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife als auch für die Studien- und Berufswahl von Bedeutung sind, wie beispielsweise die folgenden Fähigkeiten: Ein breites Verständnis für sozial-kulturelle, ökonomische, ökologische, politische, naturwissenschaftliche und technische Zusammenhänge; die Fähigkeit, die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien nutzen zu können; ein Denken in übergreifen-

den, komplexen Strukturen; die Fähigkeit, Wissen in unterschiedlichen Kontexten anzuwenden; die Fähigkeit zur Selbststeuerung des Lernens und der Informationsbeschaffung; Kommunikations- und Teamfähigkeit, Entscheidungsfähigkeit.

In der gymnasialen Oberstufe muss darüber hinaus eine Auseinandersetzung mit der gesellschaftlichen Bedeutung der Arbeit, eine Orientierung über Berufsfelder und mögliche neue Berufe, die systematische Information über Strukturen und Entwicklungsgesetzmäßigkeiten des Arbeitsmarktes ermöglicht werden. Dies kann durch Angebote von Betriebspraktika sowie Betriebserkundungen und -besichtigungen, durch studienkundliche Veranstaltungen und die Einrichtung von Fachpraxiskursen geschehen. Dabei arbeiten die Schulen mit den Hochschulen, den Arbeitsämtern und freien Trägern aus Wirtschaft und Gesellschaft zusammen.

## 2 Rahmenbedingungen

Voraussetzung für die Verwirklichung des oben dargestellten Auftrags ist zunächst die Organisationsstruktur der gymnasialen Oberstufe. Deren Merkmale sind:

- die prinzipielle Gleichwertigkeit der Fächer,
- die Gliederung des Kurssystems in Grund- und Leistungskurse,
- die Zuordnung der Fächer (außer Religionslehre und Sport) zu Aufgabenfeldern,
- die Festlegung von Pflicht-, Wahlpflicht- und Wahlfächern.

### 2.1 Gleichwertigkeit der Fächer

Gleichwertigkeit der Fächer bedeutet nicht, dass die Fächer gleichartig sind. Die prinzipielle Gleichwertigkeit der Fächer ist darin begründet, dass jedes Fach Gleiches oder Ähnliches sowohl zum wissenschaftspropädeutischen Lernen als auch zur persönlichen Entfaltung in sozialer Verantwortlichkeit beitragen kann.

### 2.2 Kursarten

In der Jahrgangsstufe 11 ist der Unterricht in Grundkursen organisiert, in den Jahrgangsstufen 12 und 13 wird das System der Grund- und Leistungskurse entfaltet.

Die *Grundkurse* repräsentieren das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer grundlegenden wissenschaftspropädeutischen Ausbildung.

Die *Leistungskurse* repräsentieren das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer exemplarisch vertieften wissenschaftspropädeutischen Ausbildung. Eine differenzierte Unterscheidung zwischen Grund- und Leistungskursen findet sich in den Lehrplänen.

Nicht die Stoffhäufung ist das Ziel der Leistungskurse, vielmehr muss auf der Grundlage gesicherter Kenntnisse das methodische Lernen im Vordergrund stehen.

## 2.3 Aufgabenfelder

Aufgabenfelder bündeln und steuern das Unterrichtsangebot der gymnasialen Oberstufe.

Die Unterscheidung der folgenden drei *Aufgabenfelder* ist das Ergebnis bildungstheoretischer, didaktischer und pragmatischer Überlegungen. Die Aufgabenfelder werden bezeichnet als

- das sprachlich-literarisch-künstlerische Aufgabenfeld
- das gesellschaftswissenschaftliche Aufgabenfeld
- das mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Aufgabenfeld.

Die eher theoretischen Begründungen orientieren sich an den Bemühungen, bildungstheoretisch relevante Sach- und Problembereiche und wissenschaftstheoretische Schwerpunktsetzungen zu unterscheiden sowie bildungsgeschichtliche Traditionen aufzugreifen und modifiziert fortzuführen.

Die Aufgabenfelder sind durch folgende Gegenstandsbestimmungen gekennzeichnet:

- Gegenstand der Fächer im **sprachlich-literarisch-künstlerischen Aufgabenfeld (I)** sind sprachliche, musikalische und bildnerische Gestaltungen (als Darstellung, Deutung, Kritik, Entwurf etc.), in denen Wirklichkeit als konstruierte und vermittelte Wirklichkeit erscheint, sowie die Verfahrens- und Erkenntnisweisen, die der Auseinandersetzung mit diesen Gestaltungen dienen.
- Hier geht es darum, Mittel und Möglichkeiten der Kommunikation zu thematisieren und zu problematisieren in einer Welt, die wesentlich durch Vermittlungssysteme und Medien geprägt und gesteuert wird. In den im Aufgabenfeld I zusammengefassten Fächern spielen eigenständige Produktion und Gestaltung im Sinne kultureller Teilhabe eine wichtige Rolle.
- Den Fächern im **gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeld (II)** kommt in besonderer Weise die Aufgabe der politischen Bildung zu, die in Artikel 11 der Landesverfassung von Nordrhein-Westfalen festgelegt ist. Diese Fächer befassen sich mit Fragen nach den Möglichkeiten und Grenzen menschlichen Denkens und Handelns insbesondere im Blick auf ihre jeweiligen individuellen, gesellschaftlichen, zeit- und raumbezogenen Voraussetzungen, Bedingungen und Auswirkungen sowie mit den Verfahrens- und Erkenntnisweisen, die der Klärung dieser Fragen dienen.
- Gegenstand der Fächer im **mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld (III)** sind die empirisch erfassbare, die in formalen Strukturen beschreibbare und die durch Technik gestaltbare Wirklichkeit sowie die Verfahrens- und Erkenntnisweisen, die ihrer Erschließung und Gestaltung dienen.
- Außerhalb dieser Aufgabenfelder stehen die Fächer **Sport** und **Religionslehre**.

Das Fach **Sport** trägt, ausgehend von der körperlich-sinnlichen Dimension des Menschen, zu einer ganzheitlichen Bildung und Erziehung bei. Auf der Basis unmittelbar erlebter sportlicher Handlungssituationen soll der Sportunterricht

zur aktiven Teilhabe an der Bewegungs-, Spiel- und Sportkultur und zur kritischen Auseinandersetzung mit ihr befähigen.

In **Religionslehre** geht es um Lernerfahrungen, die auf der Basis des christlichen Glaubens oder anderer tradierter bzw. heute wirksamer Religionen und Weltanschauungen Erkenntnis-, Urteils- und Handlungsmöglichkeiten eröffnen und Einsichten in Sinn- und Wertfragen des Lebens in Dialog und Auseinandersetzung mit anderen Religionen und Weltanschauungen fördern.

Die Aufgabenfelder können die Abstimmungen und Kooperation in der Schule erleichtern, wenn es darum geht,

- wie Fachlehrpläne zu gestalten sind, damit sie als exemplarisch für das jeweilige Aufgabenfeld begriffen werden können
- wie die Lehrpläne der Fächer innerhalb eines Aufgabenfeldes für thematische Entwicklungen offen gehalten werden können
- wie im Aufgabenfeld und über das Aufgabenfeld hinaus fachübergreifend und fächerverbindend konzipierter Unterricht entwickelt und erprobt werden kann.

Die drei Aufgabenfelder sind ein Steuerungsinstrument, weil mit Hilfe einer Zusammenfassung verschiedener Unterrichtsfächer zu Fächergruppen Wahlfachregelungen getroffen werden können, die einer zu einseitigen Fächerwahl entgegenwirken. Jedes der drei Aufgabenfelder muss von den Schülerinnen und Schülern durchgehend bis zur Abiturprüfung belegt werden. Keines ist austauschbar.

## **2.4 Fachspezifische Bindungen**

Neben den Festlegungen der Wahlmöglichkeiten in den Aufgabenfeldern gibt es fachspezifische Belegverpflichtungen, die jeweils einen bestimmten Lernzusammenhang konstituieren:

- Deutsch, eine Fremdsprache, ein künstlerisches Fach, ein gesellschaftswissenschaftliches Fach, in jedem Fall zwei Kurse in Geschichte und in Sozialwissenschaften, Mathematik, eine Naturwissenschaft
- sowie Religionslehre und Sport.

Schülerinnen und Schüler, die vom Religionsunterricht befreit sind, müssen Philosophie belegen.

## **3 Prinzipien des Lernens und Lehrens in der gymnasialen Oberstufe**

### **3.1 Fachspezifisches Lernen**

Der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe ist in erster Linie durch den Fachbezug geprägt. Indem in der fachgebundenen Ausbildung Fachwissen, fachliche Theorien und Methoden vermittelt werden, ermöglichen die Schulfächer eine strukturierte Sicht auf komplexe Phänomene der Wirklichkeit. Sie eröffnen so einen je spezifischen Zugang zur Welt. Fachliches Lernen soll geordnetes, systematisches

Lernen fördern. In wissenschaftspropädeutischer Hinsicht verknüpft sich im fachlichen Lernen gegenständliches Wissen mit ausgewählten Theorien und Methoden der Referenzdisziplinen sowie mit Grundaussagen der Wissenschaftstheorie und Methodologie.

### 3.2 Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen

So wichtig es ist, durch systematische fachliche Arbeit fachliche Kompetenzen zu fördern, so bedeutsam ist es, die Fachperspektive zu überschreiten. Durch fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen wird eine mehrperspektivische Betrachtung der Wirklichkeit gefördert, und es werden damit auch übergreifende Einsichten, Fähigkeiten, Arbeitsmethoden und Lernstrategien entwickelt, die unterschiedliche fachliche Perspektiven für gemeinsame Klärungen und Problemlösungsstrategien verbinden und so zur Kenntnis der komplexen und interdependenten Probleme der Gegenwart beitragen. Deshalb gehört das Überschreiten der Fächergrenzen, das Einüben in die Verständigung über Differenzen und über Differenzen hinweg neben dem Fachunterricht zu den tragenden Prinzipien der gymnasialen Oberstufe.

Wissenschaftspropädeutisches Lernen erfordert beides: das fachliche Arbeiten, seine Reflexion und das Denken und Handeln in fachübergreifenden Zusammenhängen.

### 3.3 Gestaltungsprinzipien des Unterrichts

Lernen ist ein individueller, aktiver und konstruktiver Aufbau von Wissen, der maßgeblich durch das verfügbare Vorwissen und den entsprechenden Verständnishorizont beeinflusst wird. Lernen heißt auch: Fähigkeiten und Fertigkeiten, Neigungen und Interessen, Einstellungen und Werthaltungen zu entwickeln. Umfang, Organisation, langfristige Verfügbarkeit machen die Qualität des Wissensbestandes aus. Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler tragen für den Aufbau eines solchen Wissens eine gemeinsame Verantwortung. Eine aufgabenorientierte Strukturierung des Unterrichts durch die Lehrkräfte ist genau so wichtig wie das Schaffen offener Lern- und Arbeitssituationen. Dabei ist zu bedenken, dass übermäßige Engführung eines Frontalunterrichts den sachbezogenen Handlungsspielraum der Schülerinnen und Schüler ebenso einengt, wie völlig offener Unterricht mit einer Fiktion vom "autonomen Lernen" überfordert.

Der Unterricht soll folgenden Prinzipien folgen:

- Er soll **fachliche Grundlagen vermitteln**, die Lerninhalte in sinnvolle Kontexte einbinden, ihre Verfügbarkeit und eine anspruchsvolle Lernprogression sichern.
- Der Unterricht soll **schülerorientiert** sein. Die Lernenden müssen ihre eigenen Fragestellungen und Probleme ernst genommen finden. Sie müssen die Möglichkeit haben, an ihren individuellen Erfahrungs- und Lernstand anzuschließen und ihre eigenen Lernwege zu entwickeln. Dies gilt besonders für die unterschiedlichen Ausgangsdispositionen von Jungen und Mädchen. Die individuellen Dispositionen und Leistungsmöglichkeiten sollen so genutzt werden, dass

die Lernprozesse für die Einzelnen und die Gruppe möglichst erfolgreich verlaufen können.

- Lernprozesse sollen sich am **Leitbild aktiven und selbstständigen Arbeitens** orientieren. Wenn Lernende sich aktiv mit den Lerngegenständen auseinandersetzen, werden ihr Wissenserwerb und ihre Methodenkompetenz gefestigt und erweitert. Das heißt für den Unterricht, Aufgaben zu stellen, die die Schülerinnen und Schüler vor die Notwendigkeit stellen, auf erworbenes Vorwissen und Können Bezug zu nehmen. Sie müssen Inhalte und Methoden wiederholen, im neuen Zusammenhang anwenden und ihre Lernprozesse reflektieren können, um fachliche und überfachliche Lernstrategien langfristig aufzubauen. In der methodologischen Reflexion werden Lernen und Erkenntniserwerb selbst zum Lerngegenstand.
- Lernprozesse sollen Gelegenheit für **kooperative Arbeitsformen** geben. Je mehr die Notwendigkeit besteht, eigene Lernerfahrungen und -ergebnisse mit den Problemlösungen anderer zu vergleichen, zu erörtern, sie dabei zu überprüfen und zu verbessern, desto nachhaltiger ist das Lernen.
- Teamfähigkeit herauszubilden heißt für den Unterricht, arbeitsteilige und kooperative Arbeitsformen zu initiieren und dabei zu einer Verständigung über die Zusammenarbeit und die Methoden zu kommen, Arbeitsergebnisse abgestimmt zu präsentieren und gemeinsam zu verantworten.
- Lernprozesse sollen durch **komplexe Aufgabenstellungen** geleitet werden. Solche Aufgaben bedingen multiperspektivische und mehrdimensionale Sichtweisen, sie tragen zur Methodenreflexion bei und erfordern die Erstellung von Produkten, die individuelle oder gemeinsame Lernergebnisse repräsentieren und einer Selbst- und Fremdbewertung unterzogen werden. Referate, Facharbeiten, Ausstellungen, Aufführungen etc. können herausragende Ergebnisse solcher Aufgabenstellungen sein.
- Der Unterricht soll auf **Anwendung und Transfer** der zu erwerbenden Fähigkeiten und Kenntnisse zielen. Transfer ist zu erwarten, wenn die Lerngegenstände mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und authentischen Handlungssituationen verbunden sowie unabhängig von bekannten Kontexten beherrscht werden. Das heißt für den Unterricht, solche Probleme und Fragestellungen zum Gegenstand zu machen, die Zugriffe aus unterschiedlichen fachlichen Perspektiven erfordern. Die jeweiligen Sichtweisen können relativiert und in Bezug auf ihren spezifischen Beitrag zur Problemlösung beurteilt werden. So werden Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit von Erkenntnissen und Verfahren deutlich. Anwendung und Transfer werden auch in Projekten und in Vorhaben zur Gestaltung und Öffnung von Schule und in Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern gefördert.
- Der Unterricht darf nicht ausschließlich linear erfolgen, sondern muss die **Vernetzung** eines Problems innerhalb des Faches, aber auch über das Fach hinaus sichtbar machen. Es wird darauf ankommen, Formen der Organisation von Lernsituationen, die sich an fachlicher Systematik orientieren, durch solche Arrangements zu ergänzen, die dialogisches und problembezogenes Lernen ermöglichen. Insbesondere sollen die Schülerinnen und Schüler in diesem

Zusammenhang mit Themen und Arbeitsmethoden des fachübergreifenden und fächerverbindenden Arbeitens vertraut gemacht werden.

## **4 Aufbau und Gliederung der gymnasialen Oberstufe**

Der Bildungsgang in der gymnasialen Oberstufe gliedert sich in die Einführungsphase (Jahrgangsstufe 11) und die Qualifikationsphase (Jahrgangsstufen 12 und 13). Er schließt mit der Abiturprüfung ab, die am Ende des 2. Halbjahres der Jahrgangsstufe 13 stattfindet.

Um die allgemeine Hochschulreife und die Studierfähigkeit zu gewährleisten, ist es wichtig, das fachliche Lernen, das fachübergreifende und fächerverbindende Arbeiten, die Beherrschung wissenschaftspropädeutischer Arbeitsformen und eine Studien- und Berufswahlvorbereitung für jeden individuellen Bildungsgang sicherzustellen<sup>2)</sup>.

Der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe folgt von der Jahrgangsstufe 11 bis zur Jahrgangsstufe 13 einem aufbauenden Sequenzprinzip, das den Lernzuwachs sichert.

### **Die Einführungsphase (Jahrgangsstufe 11)**

Die Jahrgangsstufe 11 ist als eine Einheit konzipiert, die aus aufeinander aufbauenden Grundkursen besteht. Die Leistungskurse beginnen mit der Jahrgangsstufe 12. Der Unterricht folgt dem Prinzip der fachlichen Progression, die die Jahrgangsstufen 11 bis 13 umfasst.

Das zentrale Ziel der Einführungsphase ist es, die Schülerinnen und Schüler systematisch mit inhaltlichen und methodischen Grundlagen der von ihnen belegten Fächer vertraut zu machen, sie auf die Wahl der Leistungskurse zu Beginn der Jahrgangsstufe 12 vorzubereiten und zu den ausgeprägteren Formen wissenschaftspropädeutischen Arbeitens hinzuführen. Für Schülerinnen und Schüler aus anderen Schulformen bieten die Schulen fachliche Angleichungsmaßnahmen an.

Schulen, die Fächerkoppelungen anstreben, legen diese vor Beginn der Jahrgangsstufe 11 fest, damit die Schülerinnen und Schüler die sich daraus ergebenden Möglichkeiten und Bindungen in die Planung ihres individuellen Bildungsganges einbeziehen können.

### **Die Qualifikationsphase (Jahrgangsstufen 12 und 13)**

Mit Beginn der Qualifikationsphase wird das Kurssystem in Grund- und Leistungskurse entfaltet. Die in der Qualifikationsphase erbrachten Leistungen gehen in die Gesamtqualifikation ein, die die in den Jahrgangsstufen 12 und 13 erbrachten Leistungen zusammenfasst.

---

<sup>2)</sup> vgl. hierzu die Schrift "Studien- und Berufswahlvorbereitung am Gymnasium", hg. vom Landesinstitut für Schule und Weiterbildung, Soest und vom Landesarbeitsamt Nordrhein-Westfalen, Bönen 1995. Hierin sind auch Konzepte zur Studien- und Berufswahlvorbereitung in der gymnasialen Oberstufe enthalten.

Es ist das Ziel der Qualifikationsphase, fachliches, methodisches und fachübergreifendes Lernen so zu ermöglichen und abzusichern, dass Studierfähigkeit erbracht wird.

Zur Intensivierung des selbstständigen Arbeitens soll jede Schülerin und jeder Schüler in der Jahrgangsstufe 12 anstelle einer Klausur eine Facharbeit schreiben.

Fachübergreifende Einsichten können innerhalb der einzelnen Fächer vermittelt werden. Darüber hinaus werden an der Schule Veranstaltungen angeboten, in denen geplant fachübergreifend und fächerverbindend, z. B. an Projekttagen in Projektphasen oder einer Projektveranstaltung gearbeitet wird.

Alle Schülerinnen und Schüler sollen in der gymnasialen Oberstufe an einer umfassenderen Projektveranstaltung teilnehmen, die im Fachunterricht vorbereitet worden ist. Eine solche Veranstaltung wird in der Regel jahrgangsbezogen angeboten.

Die Schülerinnen und Schüler können im Rahmen der für die Abiturprüfung vorgesehenen Gesamtpunktzahl wahlweise mit maximal 60 Punkten eine besondere Lernleistung in der Abiturprüfung sich anrechnen lassen, die im Rahmen oder Umfang eines mindestens zwei Halbjahre umfassenden Kurses erbracht wird. Hierbei kann es sich zum Beispiel um die Arbeit aus einem Wettbewerb handeln, aber auch um eine umfassende Jahresarbeit (z. B. in einer weiteren Fremdsprache, in Informatik, Technik oder einer weiteren Naturwissenschaft) oder um eine Arbeit über ein umfassendes Projekt.

## 5 Schulprogramm

Schulprogrammarbeit und das Schulprogramm dienen der Schulentwicklung und damit der Entwicklung und Sicherung der Qualität schulischer Arbeit.

Ein Schulprogramm ist das grundlegende Konzept, das über die pädagogischen Zielvorstellungen und die Entwicklungsplanung einer Schule Auskunft gibt.

- Es konkretisiert die verbindlichen Vorgaben der Ausbildungsordnungen, Richtlinien und Lehrpläne im Hinblick auf die spezifischen Bedingungen der einzelnen Schule.
- Es bestimmt die Ziele und Handlungskonzepte für die Weiterentwicklung der schulischen Arbeit.
- Es legt die Formen und Verfahren der Überprüfung der schulischen Arbeit insbesondere hinsichtlich ihrer Ergebnisse fest.

Typische Elemente eines Schulprogramms sind:

- (1) Beschreibung der schulischen Arbeit als Ergebnis einer Bestandsaufnahme, Skizze der bisherigen Entwicklungsarbeit**
- (2) Leitbild einer Schule, pädagogische Grundorientierung, Erziehungskonsens**

### **(3) schulinterne Konzepte und Beschlüsse für schulische Arbeitsfelder**

- *Schulinterne Lehrpläne*  
Hier geht es um Aussagen zur Abstimmung von schuleigenen Lehrplänen, von obligatorischen Inhalten und Unterrichtsmethoden, die bei der Unterrichtsplanung Berücksichtigung finden sollen.
- *Konzepte für fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen*  
Hierunter sind die fachübergreifenden Projekte, Veranstaltungen, Querschnittsaufgaben zu verstehen, die von den Schülerinnen und Schülern im Rahmen ihres Bildungsganges erfüllt werden können oder erfüllt werden sollen. Gemeint sind aber auch Fächerkoppelungen.
- *Konzepte zum Bereich „Lernen des Lernens“*  
Hier sind Aussagen zur Vermittlung von Lern- und Arbeitstechniken zu machen, die für die Aufnahme eines Studiums oder einer beruflichen Ausbildung außerhalb der Hochschule erforderlich sind und die im Rahmen des Schulprogramms besonders vertieft werden.

Entsprechende schülerorientierte Unterrichtsformen wie wissenschaftspropädeutische Arbeits- und Darstellungsformen sind sicherzustellen, damit die Schülerinnen und Schüler die geforderten Methoden, Einstellungen, Verhaltensweisen und Arbeitshaltungen erwerben können.

- *Vereinbarungen zur Leistungsbewertung*  
Hierbei geht es um die systematische Einführung der in den Lehrplänen vorgesehenen Formen der Leistungsbewertung, um gemeinsame Bewertungskriterien und Korrekturverfahren. Es geht ebenso um Vereinbarungen zu Parallelarbeiten und die Verwendung von Aufgabenbeispielen.
- *Konzepte für die Erziehungs- und Beratungsarbeit in der gymnasialen Oberstufe*  
Hier sind zum Beispiel die Gestaltung des Übergangs in die gymnasiale Oberstufe und die Studien- und Berufswahlvorbereitung zu nennen.
- *Konzepte für das Schulleben*  
Dazu gehören zum Beispiel Schwerpunktsetzungen im Bereich der Umwelt-erziehung, der interkulturellen Arbeit, Akzente zur Öffnung der Schule, zusätzliche Angebote im Chor, Orchester, Theater, außerunterrichtlicher Schulsport, Studienfahrten und ihre Verflechtung mit dem Unterricht, Schulgottesdienste und religiöse Freizeiten.
- *Aussagen zu besonderen Ausprägungen des Bildungsgangs*  
Hierzu zählen zum Beispiel die Sprachenfolgen, bilinguale Angebote, naturwissenschaftliche, technische, sportliche, künstlerische oder gesellschaftliche Schwerpunkte der Profile, die Einbeziehung von Wettbewerben, das Angebot besonderer Lernleistungen in die Abiturprüfung einzubringen o. ä..

### **(4) Schulinterne Arbeitsstrukturen und -verfahren**

(Geschäftsverteilungsplan, Konferenzarbeit)

### **(5) Mittelfristige Ziele für die schulische Arbeit**

### **(6) Arbeitsplan für das jeweilige Schuljahr**

## **(7) Fortbildungsplanung**

## **(8) Planung zur Evaluation**

Hier geht es um Aussagen zu Verfahren der Entwicklung und Evaluation des Schulprogramms, die sicherstellen, dass die Schule sich selbst auch Rechenschaft über die Ergebnisse ihrer Unterrichts- und Erziehungsarbeit gibt.

Bestandteile der Evaluation sind Aussagen und Verfahren zur Sicherung der Standards und zur Vergleichbarkeit der Anforderungen in den Schulen.

Schulprogramme spiegeln die Besonderheit einer Schule und zugleich auch ihre Entwicklungsprozesse wider. Sie können und werden daher unterschiedlich aussehen. Unverzichtbar sind jedoch die Programmpunkte, die sich auf den Unterricht und die Erziehungsarbeit der Schule beziehen.

# Lehrplan Chemie



# Inhalt

	Seite
<b>1 Aufgaben und Ziele des Faches</b>	<b>5</b>
1.1 Didaktische Konzeption und fachliche Anforderungen	5
1.2 Zusammenarbeit mit anderen Fächern	8
<b>2 Bereiche, Themen, Gegenstände</b>	<b>10</b>
2.1 Bereiche des Faches	10
2.1.1 Fachliche Inhalte	10
2.1.2 Lernen im Kontext	11
2.1.3 Methoden und Formen selbstständigen Arbeitens	12
2.2 Überblick über die zu behandelnden Leitthemen und Themenfelder	13
2.3 Umgang mit dem Lehrplan, Wahlfreiheit und Obligatorik	15
2.3.1 Gestaltung der Jahrgangsstufe 11	16
2.3.2 Gestaltung der Jahrgangsstufe 12	20
2.3.3 Gestaltung der Jahrgangsstufe 13	36
2.4 Themen für fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten	46
2.5 Das Fach Chemie in Koppelungskursen	51
<b>3 Unterrichtsgestaltung/Lernorganisation</b>	<b>53</b>
3.1 Grundsätze der Unterrichtsgestaltung	53
3.2 Gestaltung der Lernprozesse	55
3.2.1 Kriterien für die Auswahl von Unterrichtsinhalten	55
3.2.2 Formen und Verfahren fachspezifischen Arbeitens	58
3.2.3 Fachübergreifende, fächerverbindende und projektorientierte Lern- und Arbeitsorganisation	71
3.2.4 Die besondere Lernleistung	79
3.3 Grund- und Leistungskurse	80
3.4 Sequenzbildung	82
3.5 Mädchen und Jungen im Chemieunterricht	88

<b>4</b>	<b>Lernerfolgsüberprüfungen</b>	<b>89</b>
4.1	Grundsätze	89
4.2	Beurteilungsbereich „Klausuren“	90
4.2.1	Allgemeine Hinweise	90
4.2.2	Fachspezifische Hinweise zur Aufgabenstellung, Korrektur und Bewertung von Klausuren	90
4.2.3	Themenstellung, Korrektur und Bewertung von Facharbeiten	93
4.3	Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“	94
4.3.1	Allgemeine Hinweise	94
4.3.2	Anforderungen und Kriterien zu Beurteilung der Leistungen im Bereich „Sonstige Mitarbeit“	95
<b>5</b>	<b>Die Abiturprüfung</b>	<b>98</b>
5.1	Allgemeine Hinweise	98
5.2	Beschreibung der Anforderungsbereiche	99
5.3	Die schriftliche Abiturprüfung	101
5.3.1	Aufgabenarten der schriftlichen Abiturprüfung	101
5.3.2	Einreichen von Prüfungsvorschlägen	102
5.3.3	Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistungen	104
5.3.4	Beispiele für Prüfungsaufgaben in der schriftlichen Abiturprüfung	105
5.4	Die mündliche Abiturprüfung	114
5.4.1	Aufgabenstellung für den ersten Teil der mündlichen Prüfung	114
5.4.2	Aufgabenstellung für den zweiten Teil der mündlichen Prüfung	115
5.4.3	Bewertung der Prüfungsleistungen	116
5.4.4	Beispiel für eine Prüfungsaufgabe in der mündlichen Abiturprüfung	116
5.5	Bewertung der besonderen Lernleistung	119
<b>6</b>	<b>Hinweise zur Arbeit mit dem Lehrplan</b>	<b>120</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>122</b>
7.1	Chemische Symbolschreibweisen	122
7.2	SI-Einheiten	124

# 1 Aufgaben und Ziele des Faches

## 1.1 Didaktische Konzeption und fachliche Anforderungen

Das Leben der Menschen wird heute in hohem Maße von den Kenntnissen und Erkenntnissen der Chemie und ihren Auswirkungen bestimmt. Gemeinsam mit den anderen Naturwissenschaften leistet die Chemie entscheidende Beiträge zur Lösung der anstehenden Probleme der Menschheit. Sie trägt mit dazu bei, die Lebensgrundlagen der zukünftigen Generationen zu sichern. Die Erhaltung dieser Lebensgrundlagen ist allerdings nur durch eine verantwortungsvolle Anwendung naturwissenschaftlicher und damit auch chemischer Kenntnisse möglich.

Die Chemie hat ein Theoriegebäude entwickelt, das die wissenschaftliche Grundlage jeglicher Stoffumwandlung darstellt. Dies gilt nicht nur für die Stoffumwandlungen, die eine Folge menschlichen Handelns und Eingreifens sind, sondern auch für jene, die ohne menschliches Zutun in unserer Umwelt ablaufen. Chemische Vorgänge fanden auf dieser Erde bereits lange vor der Entstehung des Lebens statt. Sie waren und sind eine notwendige Voraussetzung für die Existenz von Leben. Um Einsichten in Stoffumwandlungen zu erhalten, ihren Ablauf zu prognostizieren und zu beeinflussen, sind chemische Kenntnisse und Erkenntnisse unerlässlich.

Bereits im Chemieunterricht in der Sekundarstufe I sind Stoffe mit ihren charakteristischen Eigenschaften und Stoffumwandlungen mit den damit verbundenen Energieumsetzungen spezifische Lerninhalte. Einzelphänomene können von den Schülerinnen und Schülern auf Grund von Regelmäßigkeiten geordnet und Gesetzmäßigkeiten erarbeitet werden. Einfache quantifizierende Betrachtungen und die Entwicklung eines ersten differenzierten Atom- und Bindungsmodells führen zu einem Grundverständnis chemischer Vorgänge. Dieses befähigt sie, bekannte Vorgänge aus Alltag und Lebenswelt als chemische Reaktionen zu erkennen und zu deuten.

Der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe baut auf den in der Sekundarstufe I erworbenen Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten auf. Es gilt nun zu erarbeiten, dass chemische Reaktionen **dynamische Prozesse** sind, die häufig als Reaktionsketten oder Kreisprozesse unter Abgabe oder Aufnahme von Energie ablaufen und durch gezielte Eingriffe beeinflusst werden können. Die Auswahl der Inhalte und Gegenstände orientiert sich dabei an der Fachwissenschaft. In seiner Struktur und seinen thematischen Schwerpunktsetzungen ist der Chemieunterricht jedoch kein Abbild fachwissenschaftlicher Disziplinen. Vorgänge aus Technik und Industrie, Alltag und Lebenswelt sowie Natur und Umwelt, die in ihrer Komplexität die **fachlichen Grenzen überschreiten** können, treten als Auswahl- und Strukturierungskriterien deutlich in den Vordergrund. Sie ermöglichen einerseits eine Erweiterung der stofflichen Kenntnisse; andererseits können an ihnen die Beeinflussbarkeit chemischer Reaktionen und die entsprechenden Auswirkungen deutlich gemacht werden.

Chemische Produktionsprozesse, die in **Technik und Industrie** genutzt werden, bringen der Gesellschaft und ihren Individuen in der Regel wirtschaftliche Vorteile und Annehmlichkeiten, sind aber häufig mit Umweltbelastungen verknüpft. Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass die Anwendung chemischer Kenntnisse zur Optimierung oder Umstellung von Produktionsverfahren und damit zur Reduktion oder sogar Vermeidung dieser Belastungen beitragen kann. Die Entwicklung von Recyclingverfahren für Zwischen- und Endprodukte ermöglicht die Herabsetzung von Emissionen und die Verringerung von Entsorgungsproblemen. Durch die Thematisierung von Nutzen und Schaden im Unterricht können Entscheidungsprozesse nachvollzogen werden. Dabei wird deutlich, dass derartige Entscheidungen immer zugleich interessengeleitete Werturteile darstellen, die einem gesellschaftlichen Wandel unterliegen. Neben der volkswirtschaftlichen Bedeutung der chemischen Industrie sollen die Schülerinnen und Schüler in der gymnasialen Oberstufe auch erfahren, dass dieser Wirtschaftsbereich ein wichtiges **Berufsfeld** mit einer großen Vielfalt an Ausbildungsberufen und Arbeitsplätzen darstellt.

**Natur und Umwelt** werden durch Substanzen belastet, die zum erheblichen Teil bei der Herstellung und Nutzung chemischer Produkte anfallen und Umweltschäden hervorrufen können. Die Entwicklung umweltschonender Produktionsverfahren und Produkte, aber auch analytischer Verfahren zur Erfassung dieser Stoffe sind Gegenstand chemischer Forschung. Die Behandlung solcher Inhalte im Unterricht führt zu einem differenzierten Bild der Fachwissenschaft Chemie sowie der chemischen Produktion. Bei der Beleuchtung von Umweltproblemen darf jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass Chemie und Natur prinzipielle Gegensätze seien. Einblicke in natürlich ablaufende chemische Prozesse, Kreisläufe und Gleichgewichte können diesem weit verbreiteten Vorurteil entgegenwirken. Die Begrenztheit natürlicher Ressourcen und die Grenzen ökologischer Belastbarkeit können an geeigneten Beispielen wie der Energie- und Rohstoffnutzung sowie der Veränderung des Weltklimas thematisiert werden. In diesem Zusammenhang bietet es sich an, Möglichkeiten einer **nachhaltigen Entwicklung** im Unterricht zu diskutieren. Eine solche Entwicklung berücksichtigt die Bedürfnisse der Gegenwart, ohne die Chancen zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen. Dazu sind naturwissenschaftliche und insbesondere auch chemische Grundkenntnisse unerlässlich. Es wird auch deutlich, dass die Lösung solcher Probleme in der Regel nur auf interdisziplinärer Basis gefunden werden kann.

Der kulturelle Fortschritt im weitesten Sinne wurde durch chemische Kenntnisse und ihre Anwendungen wesentlich beeinflusst und vorangetrieben, z. B. durch die Entwicklung neuer Substanzen und Materialien wie Farbstoffe, Kunststoffe, Arzneimittel, Keramiken etc. Sie haben das tägliche Leben der Menschen entscheidend verändert. Es ist wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler dies erkennen und in die Lage versetzt werden, auf der Grundlage fachlichen Wissens stoffliche Vorgänge aus **Alltag und Lebenswelt** zu deuten und zu verstehen. Gleiches gilt auch für chemische Reaktionen und Vorgänge, die in unserem Körper ablaufen. Wissen über chemische Prozesse kann unser Handeln, das auf die Gestaltung des Lebens und die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen ausgerichtet ist, positiv beeinflussen.

Im Chemieunterricht wird u. a. auch mit gefährlichen Stoffen experimentiert und umgegangen; dabei ist die exakte Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen unerlässlich und zwingend. Dadurch lernen die Schülerinnen und Schüler nicht nur, welche Gefahrenpotentiale von diesen Stoffen ausgehen, sondern auch wie man sie sicher und gefahrlos handhaben und gegebenenfalls auch entsorgen kann. Dies ist ein wichtiger Beitrag des Chemieunterrichts zur **Sicherheits- und Umwelterziehung**, denn auch in Alltag und Lebenswelt sind gefährliche Stoffe zugänglich und werden zu den verschiedensten Zwecken benutzt und eingesetzt.

Wie in allen Naturwissenschaften kommt im Chemieunterricht dem **Experiment** eine große Bedeutung zu. Einerseits ermöglicht es in hohem Maße die unmittelbare Begegnung mit Stoffen und Stoffumwandlungen, andererseits kennzeichnet es die Chemie als empirische Wissenschaft. Durch das Experiment wird der Weg der **naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung** nachvollzogen und eingeübt. Die selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten schult das problemlösende Denken und die Entwicklung von Problemlösestrategien. Komplexe Fragestellungen, die sich vielfach aus dem Alltag und der Lebenswelt ergeben, haben hohen Motivationscharakter und fordern Schülerinnen und Schüler zum Problemlösen heraus. Die selbstständige Organisation und Durchführung projektartiger Vorhaben können im Idealfall die Folge sein. Arbeiten und Experimentieren in Gruppen fördern dabei die **sozialen und kommunikativen Kompetenzen**.

Dabei muss den Schülerinnen und Schülern aber auch deutlich werden, dass die naturwissenschaftliche Methode nicht Erkenntnisse über die Wirklichkeit im Sinne einer allgemein gültigen Wahrheit liefert, sondern ausschließlich Erkenntnisse zum Zweck der Erklärung und Vorhersage eines Sachverhaltes innerhalb des vorher festgelegten Gültigkeitsbereiches. Sie begreifen so, dass die Naturwissenschaften nur eine von mehreren möglichen Sichtweisen zur Erfassung der Welt liefern. Diese konkurrieren nicht mit anderen Sichtweisen, z. B. denen der Geistes- und Gesellschaftswissenschaften oder der Kunst, sondern ergänzen diese.

Die Deutung von Aufbau und Eigenschaften der Stoffe und ihren Veränderungen bei chemischen Reaktionen durch Vorstellungen im Diskontinuum, d. h. auf der Ebene von Teilchen (Molekülen, Atomen, Ionen etc.), sind durch verschiedene, zunehmend differenziertere Modellvorstellungen erfassbar. Dabei ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler zwischen Realität und Modell, zwischen Phänomen und modellhafter Deutung zu unterscheiden lernen. Diese Schulung des Denkens in Modellen nimmt im Chemieunterricht der gymnasialen Oberstufe einen herausragenden Platz ein und fördert ein ausgeprägtes **Abstraktionsvermögen**.

Chemische Sachverhalte sind vielfach sehr komplex und ihre strukturierte Darstellung, z. B. in einem Protokoll oder Referat, erfordert eine gute Übersicht und eine angemessene Sprachkompetenz. Im Chemieunterricht werden die verschiedenen Fachbegriffe und Sachverhalte miteinander zu einem verständlichen Ganzen vernetzt. Durch die Versprachlichung und Präsentation von Lösungswegen und Ergebnissen erwerben die Schülerinnen und Schüler eine angemessene Fachsprache und werden darüber hinaus in ihrer **sprachlichen Ausdrucksfähigkeit** gefördert.

Der enorme Wissenszuwachs in der Fachwissenschaft Chemie kann im Unterricht kaum angemessene Berücksichtigung finden. Es ist deshalb geboten, die fachlichen Inhalte und Unterrichtsgegenstände so auszuwählen, dass die Schülerinnen und Schüler ein solides Basiswissen erwerben. Darauf bauend kann der Chemieunterricht auch neue Erkenntnisse und Entwicklungen einbeziehen und die Notwendigkeit **lebenslangen Lernens** aufzeigen.

Insgesamt vermittelt der Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe eine Vielzahl von allgemeinen Kompetenzen und liefert damit einen wesentlichen Beitrag zur **wissenschaftspropädeutischen Ausbildung** und zur Erlangung einer **allgemeinen Studierfähigkeit**.

## 1.2 Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Die Aneignung fachspezifischen Wissens, fachspezifischer Fertigkeiten und Qualifikationen, die ein wesentliches Ziel des Fachunterrichts sind, stellt immer eine bestimmte Art der Erschließung von Erfahrungen dar, die durch den charakteristischen Zugriff jedes einzelnen Faches auf Unterrichtsgegenstände und Themen geprägt ist. Die fachspezifische Vorgehensweise ermöglicht einerseits leistungsfähige, aber andererseits auch durch das Fach begrenzte Lernerfahrungen. Durch die Zusammenarbeit mit anderen Fächern werden die Grenzen des fachlichen Lernens überschritten. Fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen haben grundsätzlich zum Ziel, Unterrichtsgegenstände des einzelnen Faches in ihrer gesellschaftlichen Bedeutung und überfachlichen Komplexität adäquat zu erfassen und zu bewerten.

Der Fachunterricht und das überfachliche Arbeiten und Lernen stehen somit notwendigerweise in einem ergänzenden bzw. integrativen Verhältnis zueinander.

Ein fachübergreifender bzw. fächerverbindender Unterricht, der die ganzheitliche Betrachtung von chemiespezifischen Themen zum Ziel hat, kann jedoch ohne fachbezogenes Lernen nicht stattfinden.

Im Einzelnen ergeben sich – je nach Organisationsform des fachübergreifenden bzw. fächerverbindenden Unterrichts (vgl. auch Kapitel 3.2.3) – folgende Zielsetzungen:

- Schülerinnen und Schüler können einsichtige Verbindungen zwischen den Unterrichtsgegenständen verschiedener Fächer herstellen, bessere Zugänge und umfassendere Einsichten in die komplexe Lebenswirklichkeit gewinnen.
- Dies orientiert den Unterricht in verstärktem Maße an gesellschaftlich relevanten Problemstellungen, die das angestrebte Lernen in Kontexten (vgl. Kapitel 2.1.2) begünstigen. Gleichzeitig werden Lernorganisationsformen ermöglicht, die den Umgang mit Offenheit, Vielfältigkeit und sich daraus ergebender Unsicherheit schulen und damit Selbstständigkeit fördern (vgl. Kapitel 2.1.3).
- Die Qualität des Lernens und der Lernerfolg im Fach Chemie sind entscheidend davon abhängig, inwieweit ein vertieftes Verstehen und Anwenden von

Kenntnissen erfolgt. Durch variierende Kontexte, die dem überfachlichen Lernen zu Grunde liegen, besteht eine gute Möglichkeit, das Gelernte aus dem konkreten Zusammenhang zu lösen, durch die Anwendung in anderen Situationen anzureichern und zu entwickeln. Überfachliches Lernen fördert so den Erwerb von vernetztem Wissen und trägt auch dazu bei, dass Schülerinnen und Schüler sich später in der Komplexität des Wirtschafts- bzw. Wissenschaftsbetriebes besser zurechtfinden.

- Fachübergreifender und fächerverbindender Unterricht bietet einen Rahmen, in dem man der Heterogenität der Lerngruppen in Bezug auf unterschiedliche Lernvoraussetzungen und kulturelle Hintergründe im Besonderen gerecht werden kann. Auf Grund der größeren Vielfalt an methodischen und inhaltlichen Zugängen, die die jeweiligen Fächer bereitstellen, können die verschiedenen Fähigkeiten und Interessen der Schülerinnen und Schüler weitgehend berücksichtigt werden. Arbeitsteiliges Vorgehen und binnendifferenzierende Aufgabenstellungen, die die Fachgrenzen überschreiten, erweitern die Möglichkeiten, lernschwächere Schülerinnen und Schüler zu fördern sowie lernstärkere zu fordern.
- Wegen der vielfältigen inhaltlichen und methodischen Zugriffe erfordert das Arbeiten ein verstärktes Erlernen von Kooperation und von Vermittlungsformen. Schülergruppen, die durch arbeitsteilige Unterrichtsverfahren spezielles Wissen erworben haben, vermitteln ihre Ergebnisse an andere, indem sie z. B. als „Experten“ befragt werden können. Vorrangiges Ziel dabei ist es, durch geeignete Präsentationsformen Sachverhalte adressatenbezogen, zeitökonomisch und mit möglichst hohem Wirkungsgrad zu transferieren. Dabei wird die Fähigkeit, miteinander zu kommunizieren und zu kooperieren, situativ abverlangt, erfahrbar und bewertbar gemacht.
- Die Spezialisierung durch den vorhandenen Fächerkanon führt dazu, dass die typische Erkenntnisweise und die chemiespezifischen Methoden zwar verwendet und geschult, aber in ihrer Leistungsfähigkeit und Beschränktheit nicht immer deutlich werden. Durch fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht können die Prämissen, auf denen ein Fach und seine Bezugswissenschaft beruhen, im Vergleich zu anderen beteiligten Fächern explizit gemacht und reflektiert werden. Gerade in kontrastiver Abgrenzung zu anderen, z. B. gesellschaftswissenschaftlichen Fächern, kann die Besonderheit des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges erfahren werden.

Weitere Ausführungen finden sich in den Kapiteln 2.4 und 3.2.3.

## 2 Bereiche, Themen, Gegenstände

### 2.1 Bereiche des Faches

Die Bereiche des Faches sind die höchste Abstraktions- und Begründungsebene für die Unterrichtsplanung. Sie decken das Schulfach Chemie mit der Fülle seiner Facetten ab und bilden die Legitimationsbasis. Wenn auch nicht in jeder einzelnen Unterrichtsstunde alle Bereiche des Faches berücksichtigt werden können, so müssen sie aber insgesamt zumindest im Verlauf einer Unterrichtsreihe Anwendung finden.

Den Bereichen des Faches kommt damit eine Doppelfunktion zu:

- Bei der Konstruktion dieses Lehrplans sind sie Ausgangsbasis und Prüfinstrument für die Formulierung der Leitthemen und Themenfelder in der gymnasialen Oberstufe.
- Der Lehrerin und dem Lehrer sollen sie als Kontrollinstrumente für die längerfristige Unterrichtsgestaltung dienen.

Die drei Bereiche des Faches sind:

1. Fachliche Inhalte
2. Lernen im Kontext
3. Methoden und Formen selbstständigen Arbeitens

#### 2.1.1 Fachliche Inhalte

##### *a) Stoffe und Reaktionen*

Stoffe, Stoffumwandlungen und die damit verbundenen Energieumsätze sind obligatorische Inhalte des Chemieunterrichts. Auch wenn chemische Reaktionen im Unterricht in der Regel im Reagenzglas durchgeführt werden, so muss doch deutlich werden, dass es sich hierbei um Vorgänge und Phänomene handelt, die in gleicher oder ähnlicher Form auch in Natur, Alltag, Technik und Industrie ablaufen. In diesen Bereichen sind sie in der Regel verkettet und vernetzt. Die Kenntnis der quantitativen Gesetzmäßigkeiten, nach denen chemische Reaktionen ablaufen, sind für ein tieferes Verständnis dieser komplizierten Zusammenhänge unbedingte Voraussetzung.

Deshalb ist es Aufgabe des Chemieunterrichts

- Kenntnisse zu vermitteln und anzuwenden, die zum Verständnis von Stoffeigenschaften und Stoffumwandlungen im Alltag, in der Umwelt und in Technik und Industrie erforderlich sind
- Stoffumwandlungen als dynamische Prozesse herauszustellen und zu erarbeiten, dass sie nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten ablaufen und quantitativ erfasst werden können
- an konkreten Beispielen aufzuzeigen, dass der Mensch durch die Kenntnis dieser Gesetzmäßigkeiten in der Lage ist, den Verlauf von Stoffumwandlungen (chemische Reaktionen) zu steuern und zu beeinflussen

- energetische Aspekte und deren Bedeutung für den Ablauf chemischer Reaktionen herauszuarbeiten
- deutlich zu machen, dass Stoffumwandlungen in Alltag, Umwelt und Technik häufig sehr komplex sind und als Reaktionsketten oder als Stoffkreisläufe untereinander verbunden sein können
- Kenntnisse und Fähigkeiten zur Einschätzung der Gesundheits- und Umweltrisiken gefährlicher Stoffe zu vermitteln, sodass durch sicherheitsbewusstes Umgehen mit ihnen Gefahren minimiert werden können.

### ***b) Experiment und Erkenntnisgewinnung***

Die Durchführung von Experimenten in der Chemie ist die wichtigste Quelle der Erkenntnisgewinnung und führt zur Formulierung von Hypothesen und Gesetzen sowie zur Entwicklung von Modellvorstellungen und Theorien. Umgekehrt können empirisch ermittelte und theoretisch hergeleitete Gesetze durch Experimente überprüft werden. Das Experiment und der Nachvollzug von Wegen der Erkenntnisgewinnung sind daher zentrale Anliegen des Chemieunterrichts. Logisches und komplexes Denken können in diesem Bereich vorzüglich geschult werden.

Hier gilt es

- grundlegende Begriffe, Gesetze, Modellvorstellungen und Theorien der Chemie – gegebenenfalls auch in ihren geschichtlichen Zusammenhängen – zu erarbeiten und auf konkrete Sachverhalte anzuwenden
- an Beispielen aus der Chemie die Bildung und Überprüfung von Hypothesen und deren gedankliche Verknüpfung mit dem Experiment als naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise aufzuzeigen und anzuwenden
- in grundlegende chemische Arbeitsweisen, Verfahren und Experimentiertechniken einzuführen und diese auch praktisch umzusetzen
- sowohl die Möglichkeiten als auch die Grenzen chemischer Erkenntnisgewinnung an konkreten Beispielen aufzuzeigen.

### **2.1.2 Lernen im Kontext**

Chemische Grundlagenkenntnisse werden im Unterricht in einen Anwendungsbereich übertragen. Andererseits können Anwendungsbeispiele Ausgangspunkt für die Erarbeitung chemischen Grundwissens sein. Dabei sollte deutlich werden, dass chemische Produktionsprozesse der Gesellschaft und ihren Individuen in der Regel Annehmlichkeiten aber auch Belastungen bringen (Ambivalenz der Anwendungen). Die Chemie stellt Methoden zur analytischen Erfassung der Belastungen bereit und ermöglicht Erkenntnisse von Zusammenhängen zwischen Ökonomie und Ökologie. Sie kann durch Optimierung von Produktionsverfahren zur Reduktion oder sogar Vermeidung von Belastungen beitragen.

Deshalb muss der Chemieunterricht

- herausarbeiten, dass chemische Erkenntnisse in Alltag, Technik und Industrie angewendet werden und somit im Laufe der Geschichte erheblichen Einfluss auf Wirtschaft und Gesellschaft, auf Mensch und Umwelt hatten und haben
- aufzeigen und an konkreten Beispielen erfahrbar machen, dass die Chemie mit ihren analytischen Methoden geringste Stoffportionen in der Umwelt nachweisen kann und so wichtige Erkenntnisse über das Verhalten von Stoffen im Ökosystem ermöglicht
- die Abhängigkeit des Menschen von der Umwelt in Denken und Handeln mit einbeziehen
- die Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen für die Menschheit (nachhaltige Entwicklung) aufzeigen
- an konkreten Beispielen verdeutlichen, dass Problemlösungen bei ökonomischen und ökologischen Gefahren globaler Dimension (Begrenztheit natürlicher Ressourcen und der ökologischen Belastbarkeit) auf interdisziplinärer Basis gefunden werden müssen
- den Erwerb von Grundlagen für eine sachliche, fundierte, kritische Beurteilung von chemischen Fragestellungen, Theorien, Forschungsvorhaben und Produktionsprozessen ermöglichen
- insbesondere in Projektphasen erfahrbar machen, dass fachübergreifende Zusammenarbeit und Qualifikationen wie Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit bei der Lösung komplexer Probleme unerlässlich sind.

### **2.1.3 Methoden und Formen selbstständigen Arbeitens**

Fähigkeiten und Fertigkeiten zum selbstständigen Arbeiten werden im Fach Chemie in vielfältiger Weise vermittelt bzw. erworben. Dabei kommen verschiedene Methoden des Lernens, des Wissenserwerbs sowie der Arbeitsorganisation zum Einsatz. Schülerinnen und Schüler können so Handlungskompetenz und allgemeine Studierfähigkeit erlangen.

In diesem Zusammenhang werden die Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht

- Fragestellungen im Bereich der Chemie eigenständig formulieren, die zur Bearbeitung erforderlichen Informationen selbstständig beschaffen (z. B. durch Literaturrecherche, Umgang mit Datenbanken, Expertenbefragung) und diese gegenstands- und problemangemessen einsetzen
- chemische Sachverhalte und Prozesse unter Anwendung der Fachsprache verständlich verbalisieren und im Zusammenhang darstellen, gegebenenfalls auch bei der Anfertigung einer Facharbeit
- Experimente unter Beachtung der Sicherheitsbestimmungen selbstständig planen, in geeigneter Form durchführen sowie deren Ergebnisse auswerten und sachangemessen darstellen
- Arbeitsprozesse selbst organisieren und Arbeitsvorhaben konsequent verfolgen, gegebenenfalls auch bei der projektartigen Bearbeitung von Themen

- durch gemeinsames Experimentieren oder andere Gruppenarbeiten Team-, Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit erwerben
- die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der elektronischen Informations- und Kommunikationstechnologien (Datenbanken, Steuern und Regeln, Messwerterfassung, Dokumentation, Simulation, Lernprogramme etc.) nutzen.

## **2.2 Überblick über die zu behandelnden Leitthemen und Themenfelder**

Die in den Bereichen des Faches aufgeführten Intentionen sollen anhand von Leitthemen im Unterricht realisiert werden.

Die im folgenden Schema aufgeführten Leitthemen ermöglichen dies in besonderer Weise. Sie sind in Themenfelder untergliedert, zu denen Unterrichtsreihen entwickelt werden müssen, in deren Verlauf alle drei Bereiche des Faches zu berücksichtigen sind. In der Jahrgangsstufe 13 wird eine Fülle von Themenfeldern angeboten, von denen eines mit einem Theoriekonzept verzahnt werden muss. Nähere Hinweise dazu finden sich im Kapitel 2.3 und in den Texten zur Gestaltung der Jahrgangsstufen.

## Jahrgangsstufe 11

**Leitthema: Ablauf und Steuerung chemischer Reaktionen in Natur und Technik**

Themenfeld A

**Reaktionsfolge aus der organischen Chemie**

Themenfeld B

**Ein technischer Prozess**

Themenfeld C

**Stoffkreislauf in Natur und Umwelt**

## Jahrgangsstufe 12

***Leitthema: Chemie in Anwendung und Gesellschaft***

Themenfeld A

**Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie**

Themenfeld B

**Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie**

Themenfeld C

**Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung**

## Jahrgangsstufe 13

**Leitthema: Chemische Forschung – Erkenntnisse, Entwicklungen und Produkte**

Themenfelder

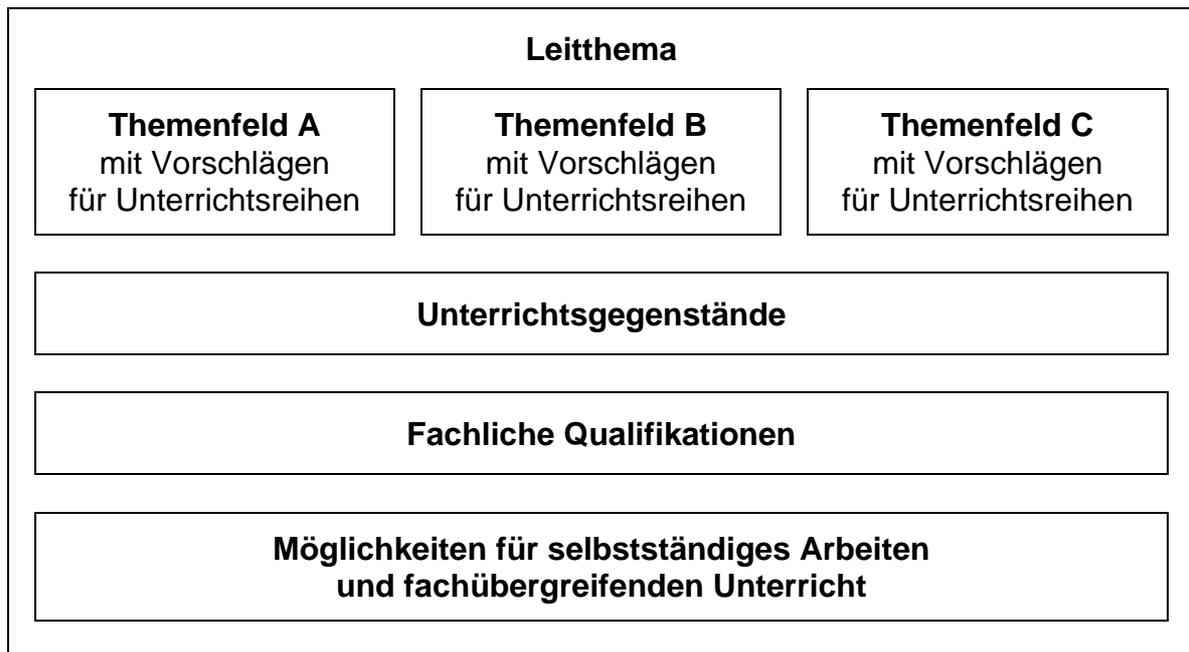


Theoriekonzepte

## 2.3 Umgang mit dem Lehrplan, Wahlfreiheit und Obligatorik

Zu jeder Jahrgangsstufe muss anhand der Vorgaben des Lehrplanes eine Gesamtplanung erfolgen. Dabei bietet der Lehrplan vielfältige Möglichkeiten, die Lernvoraussetzungen und die Interessenlage der Schülerinnen und Schüler sowie die schulinternen und außerschulischen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Basis für die Planung sind die in Kapitel 2.3.1 bis 2.3.3 ausgearbeiteten Leitthemen, die in den Jahrgangsstufen 11 und 12 stets in folgender Weise strukturiert sind:



Die Jahrgangsstufenplanung anhand dieser Schemata muss folgender Obligatorik genügen:

- Die Leitthemen stellen den verbindlichen Rahmen für jede Jahrgangsstufenplanung dar. Sie sind in Themenfelder untergliedert. In den Jahrgangsstufen 11 und 12 muss zu jedem dieser Themenfelder eine Unterrichtsreihe durchgeführt werden. In der Jahrgangsstufe 13 muss lediglich ein Themenfeld in Verbindung mit einem Theoriekonzept bearbeitet werden.
- Die Abfolge der Themenfelder ist freigestellt; eine inhaltliche Verknüpfung ist anzustreben. In der Jahrgangsstufe 12 muss die Reihenfolge der Themenfelder durch die Fachkonferenz festgelegt werden (vgl. Kapitel 6).
- Jede Unterrichtsreihe ist so anzulegen, dass der Anwendungs- und Gesellschaftsbezug in die Reihe integriert wird und nicht nur ein Anhängsel bleibt (vgl. 2. Bereich).
- Für jedes Themenfeld sind obligatorische Unterrichtsgegenstände vorgesehen, die in Fettdruck hervorgehoben sind. Sie sind für Grund- und Leistungskurse weitgehend deckungsgleich. Die obligatorischen Unterrichtsgegenstände **allein**

ergeben noch keinen sinnvollen Unterrichtsgang, sie müssen vielmehr durch weitere Gegenstände ergänzt werden. Anregungen dazu finden sich in den jeweiligen Schemata. Die Liste der dort genannten Unterrichtsgegenstände versteht sich dabei weder als Minimal- noch als Maximalkatalog; sie gibt auch keine Reihenfolge vor.

- Neben den Unterrichtsgegenständen sollen – je nach Unterrichtsreihe – besondere fachspezifische Qualifikationen vermittelt werden. Auch hierzu geben die Schemata Empfehlungen.
- Die Förderung selbstständigen Arbeitens ist verbindlich (vgl. 3. Bereich). Vorschläge dazu, wie auch zu fachübergreifenden Unterrichtsvorhaben, sind ebenfalls aufgeführt (vgl. Kapitel 2.4).

Um Missverständnissen vorzubeugen, sei an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es bei der Jahrgangsstufenplanung – ebenso bei der Planung einzelner Unterrichtsreihen – nicht um ein bloßes, der Fachsystematik genügendes Bearbeiten von Unterrichtsgegenständen gehen kann. Die Unterrichtsplanung entspricht nur dann den Intentionen des Lehrplanes, wenn sie die Umsetzung der drei in Kapitel 2.1 beschriebenen Bereiche ermöglicht. Den Bereichen des Faches kommt somit auch eine Kontrollfunktion für jedes längerfristige Unterrichtsvorhaben zu.

### **2.3.1 Gestaltung der Jahrgangsstufe 11**

#### **Begründung des Leitthemas und der Themenfelder**

Das Leitthema „Ablauf und Steuerung chemischer Reaktionen in Natur und Technik“ beinhaltet eine für die Jahrgangsstufe 11 wesentliche Zielstellung:

1. Chemische Reaktionen sind umkehrbar und führen zu einem Gleichgewichtszustand, der mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes quantitativ erfasst werden kann.
2. Die Untersuchung des Ablaufs chemischer Reaktionen wirft auch die Frage nach den Reaktionsbedingungen und im Weiteren nach der Steuerung von Reaktionen auf. Die Kenntnis der Unvollständigkeit und Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen (chemisches Gleichgewicht) führt zu einem neuen Verständnis: Chemische Reaktionen in Technik, Natur und Umwelt werden durch Größen wie Druck, Konzentration und Temperatur beeinflusst.

Die Behandlung des chemischen Gleichgewichts, die ein vertieftes Verständnis von Stoffen und Stoffumwandlungen (1. Bereich) ermöglicht, nimmt eine Schlüsselstellung ein. Die hier erworbenen Kenntnisse zum Massenwirkungsgesetz sind Grundlage für die Behandlung weiterer Themenfelder in den Jahrgangsstufen 12 und 13. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass Stoffumwandlungen dynamische Prozesse sind, die als Reaktionsketten oder als Stoffkreisläufe untereinander verbunden sein können. Sie erfahren, dass der Mensch auf Grund dieser Kenntnisse in der Lage ist, sowohl natürliche Reaktionsfolgen zu beeinflussen als auch technische Prozesse gezielt zu steuern. Diese Erkenntnisgewinnung kann vorzugsweise durch experimentelles Arbeiten erfolgen. Die experimentelle Unter-

suchung (z. B. des Estergleichgewichts durch Titration oder die Ermittlung des Alkoholgehalts durch Dichtebestimmung etc.) sowie das stöchiometrische Rechnen dienen dazu, einige grundlegende Arbeitsweisen und Experimentiertechniken kennen zu lernen und anzuwenden.

Dass chemische Kenntnisse in der gesellschaftlichen Anwendung (2. Bereich) von Nutzen sind, wird besonders bei der Behandlung eines technischen Prozesses, der jeweils einen Grundstoff für die chemische Produktion liefert, deutlich. Die Thematisierung eines natürlichen Stoffkreislaufes beinhaltet beispielsweise die Möglichkeit, die durch den Eingriff des Menschen verursachte Störung sowie geeignete Gegenmaßnahmen aufzuzeigen.

Möglichkeiten selbstständigen Arbeitens (3. Bereich) ergeben sich in allen Themenfeldern. Zum Beispiel können einfache Versuchsreihen zu Gleichgewichtsreaktionen, zur Oxidationsreihe der Alkanole einschließlich der Nachweisreaktionen oder Gärungsversuche arbeitsteilig durchgeführt werden. Weiterführende Fragestellungen, die auch fachübergreifende Bezüge aufweisen, sollten in Form kleiner Vorträge, Wandzeitungen etc. in den Unterricht integriert werden.

### **Hinweise zur unterrichtlichen Behandlung**

Die Reihenfolge, in der die Unterrichtseinheiten der Themenfelder A, B und C miteinander verknüpft werden, ist beliebig. So bietet es sich beispielsweise an, mit der Reihe „Vom Alkohol zum Aromastoff“ zu beginnen und die Behandlung des Estergleichgewichts anzuschließen. Die Kenntnis des chemischen Gleichgewichts könnte dann auf einen technischen Prozess (Ammoniaksynthese) angewendet werden. Der verwendete Rohstoff (Stickstoff) wird somit als ein Glied in der Reaktionsfolge des natürlichen Stoffkreislaufs betrachtet. Möglich ist es allerdings auch, zunächst das chemische Gleichgewicht am Beispiel eines technischen Prozesses zu erarbeiten, auf einen Kreislaufprozess in der Natur zu übertragen und das Estergleichgewicht als praktisches Versuchsbeispiel zu behandeln. Über die beteiligten Ausgangsstoffe (Ethanol und Ethansäure) und die Gärung erarbeitet man die Oxidationsprodukte des Ethanol.

Ausgehend von den verwendeten organischen Verbindungen soll auch in die Nomenklatur (homologe Reihe) von Alkanolen, Alkanalen, Alkanonen und Alkansäuren eingeführt werden. Eine rein systematische Behandlung der Stoffklassen wird allerdings der Intention der Unterrichtsreihe nicht gerecht.

### **Obligatorik**

In der Jahrgangsstufe 11 besteht weit gehende Freiheit in der Konzeption und Sequenzialität des Leitthemas. Vorgeschrieben ist die Berücksichtigung je einer Unterrichtsreihe aus den 3 Themenfeldern, wobei es jeder Lehrerin und jedem Lehrer freisteht, andere als die vorgeschlagenen Unterrichtsreihen zu entwickeln und im Rahmen des Leitthemas zusammenzuführen. Verbindlich sind in jedem Fall die Aspekte Umkehrbarkeit und Unvollständigkeit chemischer Reaktionen, sowie

Leitthema: **Ablauf und Steuerung chemischer Reaktionen in Natur und Technik**

Themenfeld A <b>Reaktionsfolge aus der organischen Chemie</b>	Themenfeld B <b>Ein technischer Prozess</b>	Themenfeld C <b>Stoffkreislauf in Natur und Umwelt</b>
<u>Vorschläge für Unterrichtsreihen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom Alkohol zum Aromastoff</li> <li>• Vom Traubensaft zum Essig</li> <li>• ...</li> </ul>	<u>Vorschläge für Unterrichtsreihen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ammoniaksynthese</li> <li>• Methyl-tert-butylether-Synthese</li> <li>• Biotechnologische Herstellung von Citronensäure</li> <li>• ....</li> </ul>	<u>Vorschläge für Unterrichtsreihen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlenstoffdioxid-Carbonat-Kreislauf</li> <li>• Stickstoff-Kreislauf</li> <li>• Phosphat-Kreislauf</li> <li>• ...</li> </ul>

Unterrichtsgegenstände
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>anorganische Verbindungen: ausgewählte Säuren/Basen und deren Salze</b> (z. B.: Kohlensäure, Carbonate; Ammoniak, Ammoniumverbindungen; Salpetersäure, Nitrate; Sulfide, Schwefelsäure, Sulfate; Phosphorsäure, Phosphate)</li> <li>• <b>organische Stoffklassen: Alkanole, Alkanale, Alkanone, Alkansäuren, Ester</b></li> <li>• <b>Oxidationszahlen</b></li> <li>• <b>homologe Reihe, systematische Nomenklatur</b></li> <li>• Nachweisreaktionen</li> <li>• <b>Reaktionsgeschwindigkeit</b>, Stoßtheorie, RGT-Regel, <b>Katalyse</b></li> <li>• <b>das chemische Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Abhängigkeit von Druck, Temperatur, Konzentration</b></li> <li>• Anwendungen des chemischen Gleichgewichts</li> <li>• <b>integrierte Wiederholung: einfaches Atom- und Bindungsmodell</b> (keinesfalls Einführung des Orbitalmodells!), <b>Struktur-Eigenschaftsbeziehungen; hydrophil – hydrophob; Stoffmenge, molare Masse, molares Volumen, Stoffmengenkonzentration</b></li> </ul>

### Fachliche Qualifikationen

- quantitatives, experimentelles Arbeiten unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften
- Rechnungen mit Größengleichungen an ausgewählten Beispielen
- räumliches Vorstellungsvermögen im Bereich des Molekülbaus
- Anwenden des Prinzips der Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen
- Herstellen von Beziehungen zwischen der Unvollständigkeit von Reaktionen, ihrer Beeinflussbarkeit und der möglichen Produktausbeute

### Möglichkeiten für selbstständiges Arbeiten und fachübergreifenden Unterricht

- selbstständig verfasste Protokolle
- freie mündliche Vorträge
- Kurzreferate
- Biologie, Ernährungslehre: Gärung, Atmung, Fotosynthese, Enzyme
- Biologie, Erdkunde: Umweltanalytische Untersuchungen, Düngung und Ernährung, Abwasserreinigung, Bodensanierung
- Geschichte, Philosophie: Ambivalenz wissenschaftlicher Forschung (Haber-Bosch-Verfahren)
- Sozialwissenschaften: Werkserkundung in einem chemischen bzw. pharmazeutischen Betrieb, Alkoholismus und Gesellschaft

das chemische Gleichgewicht. Der Begriff der Reaktionsgeschwindigkeit sollte eingeführt und an geeigneten Beispielen plausibel gemacht werden. Die Gleichgewichtskonstanten sollen aus experimentell bestimmten Daten berechnet werden. Die ausführliche rechnerische Behandlung des Massenwirkungsgesetzes (etwa die Berechnung von  $K_s$ -,  $K_L$ -, pH-Werten etc.) sowie tiefer gehende Betrachtungen sind in der Jahrgangsstufe 11 noch nicht vorgesehen, sondern der Stufe 12 vorbehalten.

Je nach Zusammensetzung der Lerngruppe und den spezifischen Lernvoraussetzungen ist eine integrierte Wiederholung eines einfachen Atom- und Bindungsmodells sowie gegebenenfalls die Einführung des Stoffmengenbegriffs erforderlich. Um eine hinreichende Voraussetzung für das in Jahrgangsstufe 12 obligatorische Thema „Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie“ zu schaffen, sind die Behandlung der Oxidationsreihe eines Alkanols sowie die Ermittlungen und das Einüben von Oxidationszahlen verbindlich. Das Aufstellen komplexerer Redoxgleichungen (z. B. mit Kaliumpermanganat bzw. Kaliumdichromat in saurer Lösung) sollte dabei jedoch keinen zu großen Umfang einnehmen.

### 2.3.2 Gestaltung der Jahrgangsstufe 12

#### Begründung des Leitthemas

Mit Beginn der Jahrgangsstufe 12 treten die Schülerinnen und Schüler in ihre gewählten Grund- und Leistungskurse der Qualifikationsphase ein. Bei einer Entscheidung für das Fach Chemie nehmen sie somit in der Regel für zwei weitere Jahre am Chemieunterricht teil. In dieser Zeit gilt es, die chemischen Kenntnisse so zu erweitern und zu vertiefen, dass auch komplexere chemische Vorgänge in der Umwelt und in der Technik verstanden werden können und die Bedeutung der Chemie für die Gesellschaft und für die Bewältigung der aktuellen und zukünftigen Herausforderungen erfasst werden kann. Das Leitthema „**Chemie in Anwendung und Gesellschaft**“ soll diesen Gedanken hervorheben. Diesem Leitthema sind drei Themenfelder zugeordnet. Aufbauend auf der Jahrgangsstufe 11 erwerben die Schülerinnen und Schüler mit der Behandlung dieser drei Themenfelder ein solides Basiswissen im Sinne der Wissenschaftspropädeutik, das dann in der Jahrgangsstufe 13 exemplarisch vertieft wird.

Mit dem Themenfeld A „Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie“ wird einerseits das Grundlagenwissen der allgemeinen und anorganischen Chemie abgerundet, andererseits werden hier Inhalte mit unmittelbarem Lebensbezug und solche mit großer Zukunftsrelevanz angesprochen.

Das Themenfeld B „Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie“ sieht vor, dass Schülerinnen und Schüler an exemplarischen Beispielen Produktionswege in der chemischen Industrie kennen lernen und in ihrer gesellschaftlichen Bedeutung erfassen.

Jahrgangsstufe 12  
Leitthema: **Chemie in Anwendung und Gesellschaft**

Themenfeld A	Themenfeld B	Themenfeld C
<b>Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie</b>	<b>Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie</b>	<b>Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung</b>
<p><u>Vorschläge für Unterrichtsreihen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom Lokalelement zur einfachen Batterie</li> <li>• Von der Batterie zum Akkumulator</li> <li>• Von der Wasserelektrolyse über die Knallgasreaktion zur Brennstoffzelle</li> <li>• Von der Kochsalzelektrolyse zur großtechnischen Chlor-Alkali-Elektrolyse</li> <li>• Materialveredlung mit Hilfe des elektrischen Stroms</li> <li>• Korrosion und Korrosionsschutz</li> <li>• ...</li> </ul>	<p><u>Vorschläge für Unterrichtsreihen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom fossilen Rohstoff über Ethen zum Anwendungsprodukt</li> <li>• Vom Raps über Rapsöl zum Biodiesel</li> <li>• Vom fossilen Rohstoff über Cyclohexanol zu Kunststoffen</li> <li>• ...</li> </ul>	<p><u>Vorschläge für Unterrichtsreihen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantitative Bestimmung von Säuren in Lebensmitteln durch Titration</li> <li>• pH-Wert-Bestimmung in Gewässern und Böden</li> <li>• Von der Konzentrationszelle zur Bestimmung des Löslichkeitsproduktes</li> <li>• Konzentrationszelle und pH-Wert-Messung</li> <li>• Potentiometrische Bestimmung von Ionen in Gewässern</li> <li>• ...</li> </ul>

Mit dem Themenfeld C „Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung“ soll in eine weitere wichtige Aufgabe der Chemie, die quantitative Erfassung von Stoffportionen mit Hilfe ausgewählter analytischer Verfahren, eingeführt werden.

Die drei Themenfelder mit den Vorschlägen für Unterrichtsreihen eröffnen ähnliche Sequenzierungs- und Entscheidungsmöglichkeiten wie in der Jahrgangsstufe 11. Dadurch werden lerngruppenbezogene didaktische Schwerpunktsetzungen ermöglicht und besonders Chancen zum fachübergreifenden und selbstständigen Arbeiten eröffnet.

Die Fachkonferenzen legen für die Jahrgangsstufe 12 die Reihenfolge der Themenfelder für ihre Mitglieder bindend fest (vgl. Kapitel 6).

### **Themenfeld A: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie**

#### ***Begründung des Themenfeldes***

Die Tatsache, dass handelsübliche Batterien und Akkumulatoren ihre elektrische Energie aus chemischen Reaktionen gewinnen, ist für die Schülerinnen und Schüler eine wichtige Erkenntnis. Andererseits kann elektrische Energie auch genutzt werden, um chemische Reaktionen durchzuführen. Diese Umwandlungen von chemischer Energie in elektrische Energie und umgekehrt machen innere Zusammenhänge zwischen den beiden Naturwissenschaften Chemie und Physik in besonderer Weise deutlich. Die Elektrochemie ist nicht nur für wissenschaftspropädeutisches, sondern auch für fachübergreifendes Lernen gut geeignet.

Die chemischen Reaktionen, die dieser Thematik zu Grunde liegen, sind Redoxreaktionen. Diese stellen einen wichtigen Typ chemischer Reaktionen dar und sind für die Chemie unverzichtbar; viele chemische Vorgänge laufen nach dem Prinzip der Elektronenübertragung ab. Die Definition der Redoxreaktion als Sauerstoffübertragungsreaktion aus der Sekundarstufe I wird in der Jahrgangsstufe 11 zur Elektronenübertragungsreaktion erweitert und jetzt in der Stufe 12 intensiv behandelt (1. Bereich).

Die vielfältigen Möglichkeiten für Experimente, insbesondere für Schülerexperimente, stellen für die Behandlung des Themenfeldes einen großen Vorteil dar. Die Möglichkeiten der Herleitung einer galvanischen Zelle aus einfachen Redoxreaktionen machen Wege der Erkenntnisgewinnung in besonderer Weise deutlich. Ähnliches gilt für die analytische Betrachtung und experimentelle Durchführung einer Elektrolyse (1. Bereich). Logisches und komplexes Denken können hier in besonderer Weise geschult werden (3. Bereich).

Der hohe Anteil elektrochemischer Vorgänge in Alltag und Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler, aber auch in Industrie und Technik, bietet darüber hinaus ausgezeichnete Möglichkeiten, den hohen Anwendungs- und Gesellschaftsbezug der Chemie herauszuarbeiten und aufzuzeigen (2. Bereich).

Sehr viele dieser Experimente sind quantitativ ausgerichtet. Sie ermöglichen selbstständiges Arbeiten der Schülerinnen und Schüler sowie das Erreichen besonderer Qualifikationen, z. B. das Mathematisieren quantitativer Versuchsergebnisse. Auch Literaturrecherchen, Referate und Facharbeiten zu verschiedenen Themen bieten sich an (3. Bereich).

### ***Hinweise für die unterrichtliche Behandlung***

Es ist weder im Grundkurs noch im Leistungskurs an eine Behandlung aller aufgeführten Unterrichtsgegenstände gedacht. Vielmehr ist es empfehlenswert, entweder einen Schwerpunkt auf die Behandlung der galvanischen Zellen oder auf die Behandlung der Elektrolysen zu legen. Dabei sollten Alltags- und Anwendungsbezüge (z. B. handelsübliche Batterien, Korrosion, Galvanisieren eines Gegenstandes) Ausgangspunkte für die unterrichtliche Behandlung elektrochemischer Vorgänge sein. Die Durchführung von Schülerversuchen bietet sich bei dieser Thematik besonders an.

**Themenfeld A: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie**

Vorschläge für Unterrichtsreihen:

- Vom Lokalelement zur einfachen Batterie
- Von der Batterie zum Akkumulator
- Von der Wasserelektrolyse über die Knallgasreaktion zur Brennstoffzelle
- Von der Kochsalzelektrolyse zur großtechnischen Chlor-Alkali-Elektrolyse
- Materialveredlung mit Hilfe des elektrischen Stroms
- Korrosion und Korrosionsschutz
- ...

**Unterrichtsgegenstände**

- Batterien und Akkumulatoren: z. B. Leclanché-Element, „Autobatterie“, Nickel-Cadmium-Akku, Brennstoffzelle etc.; Recycling von Batterien und Akkus
- Korrosion/Korrosionsschutz: z. B. Lokalelement, Säurekorrosion, Sauerstoffkorrosion, kathodischer Korrosionsschutz, Schutzüberzüge, korrosionsbeständige Legierungen
- technische Elektrolysen: z. B. Chlor-Alkali-Elektrolyse, Schmelzflusselektrolyse, Kupferraffination, Aluminiumerstellung, Galvanotechnik
- **galvanische Zelle: Vorgänge an den Elektroden, Potentialdifferenz**
- **Spannungsreihe der Metalle/Nichtmetalle: Additivität der Spannungen, Standardelektrodenpotential**
- Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotentials: Konzentrationsketten, **Nernst-Gleichung**<sup>1)</sup>, Batteriespannungen in der Praxis
- **einfache Elektrolyse im Labor:** z. B. Salzsäure, wässrige Lösungen von Kupferchlorid, Zinkbromid etc.; **Faraday-Gesetze**<sup>1)</sup>
- Elektrolysen mit Konkurrenzreaktionen: Einfluss von Konzentration, Elektrodenmaterial und Stromdichte, Zersetzungsspannung, Abscheidungsspannung, Überspannung
- integrierte Wiederholung: Ion, Ionengitter; Hydratation, Hydratationsenergie; Elektrolyt; Redoxreaktion

<sup>1)</sup> Die Behandlung der Nernst-Gleichung oder der Faraday-Gesetze ist verbindlich.

### Fachliche Qualifikationen

- Aufstellen und Interpretieren von Redoxgleichungen und Teilgleichungen
- Herstellen von Beziehungen zwischen elektrochemischen Reaktionen und energetischen Aspekten
- Übertragen des Prinzips der Umkehrbarkeit auf elektrochemische Reaktionen
- quantitatives Arbeiten
- Mathematisierung quantitativer Versuchsergebnisse
- Umgang mit Messgeräten
- Arbeiten mit Tabellen
- Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten beim Umgang mit Gefahrstoffen und Elektrizität

### Möglichkeiten für selbstständiges Arbeiten und fachübergreifenden Unterricht

- Planung, Durchführung und Auswertung quantitativer Experimente
- Gegenstände galvanisieren
- Literaturrecherchen/Referate/Facharbeiten: z. B. spezielle Batterietypen, technische Elektrolysen
- Betriebserkundungen: z. B. Produktionsbetrieb für Batterien, Galvanisieranstalt, Betrieb mit Chlor-Alkali-Elektrolyse etc.
- Biologie: Redoxsysteme in der Zelle (Atmungskette, Photosynthese), Nervenpotentiale
- Technik: Wasserstofftechnologie (Fotovoltaik, Gewinnung, Speicherung und Transport von Wasserstoff), Kohlekraftwerk, Recycling von Batterien und Akkus
- Physik: Stromleitung in Metallen und Flüssigkeiten
- Geschichte: Geschichte der Metallgewinnung, Geschichte der galvanischen Zelle und der Stromerzeugung

## Themenfeld B: Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie

### ***Begründung des Themenfeldes***

Im Rahmen des Themenfeldes „Reaktionsfolge aus der organischen Chemie“ der Jahrgangsstufe 11 ist an ausgewählten Verbindungen die Bedeutung funktioneller Gruppen für die Eigenschaften und das Reaktionsverhalten von organischen Stoffen erarbeitet worden. In diesem Zusammenhang wird eine Erweiterung dieses Verständnisses angestrebt. Unter einem Reaktionsweg soll eine mehrstufige, gezielte Synthese eines Anwendungsproduktes verstanden werden. Dabei werden bedeutende **Reaktionstypen** (z. B. Addition, Substitution, Eliminierung) behandelt (1. Bereich). Es sollte deutlich werden, dass die an konkreten Beispielen erarbeiteten Reaktionstypen Modellcharakter für die Synthese einer Vielzahl von Stoffen haben. Durch die Erkenntnisse der chemischen Forschung stehen Steuerungsmöglichkeiten des Reaktionsverlaufes sowohl durch die Auswahl der Substrate (I- und M-Effekte), als auch durch die Wahl der Reaktionstemperaturen und der Lösemittel zu Verfügung. Die Formulierung eines **Reaktionsmechanismus** (z. B. elektrophile Addition, nukleophile Substitution) als Modellvorstellung für den schrittweisen Ablauf einer Reaktion auf molekularer Ebene kann der Schulung des Modelldenkens dienen und zu einem vertieften Verständnis der verschiedenen Reaktionstypen führen (1. Bereich).

Durch die Kenntnis dieser Reaktionstypen soll eine Klassifizierung organisch-chemischer Reaktionen und ein Verständnis für Reaktionswege zur Synthese von Anwendungsprodukten erreicht werden. Auch mögliche Umweltprobleme, die sich bei der Synthese dieser Stoffe ergeben können, sollen thematisiert werden (2. Bereich).

Die Vielfalt synthetischer organischer Produkte, ihre Herstellung auf unterschiedlichen Wegen, die Frage nach ihrer Umweltverträglichkeit und ihre Alltagsbedeutung ermöglichen besonders im Bereich der Literaturrecherche selbstständiges Arbeiten (3. Bereich).

### ***Hinweise zur unterrichtlichen Behandlung:***

Im Rahmen des Themenfeldes sollen Alltags- und Umweltbezüge mit fachwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen verknüpft werden. Es erfolgt immanent eine Erweiterung der Kenntnisse über funktionelle Gruppen, sodass am Ende der Jahrgangsstufe 12 Halogen-, Hydroxyl-, Carbonyl-, Carboxyl-, Esterfunktionen und die C-C-Doppelbindung bekannt sein müssen. Die Nomenklaturregeln werden für die neuen Stoffgruppen eingeführt und durch ständigen Gebrauch eingeübt.

Die Aufklärung eines Reaktionsmechanismus – eventuell auch unter Einbeziehung von Ergebnissen moderner analytischer Verfahren, z. B. der IR- oder NMR-Spektroskopie – ist nur für den Leistungskurs vorgesehen. Es ist jedoch nicht angezeigt, eine Vielzahl von Reaktionsmechanismen zu behandeln. Im Grundkurs muss kein Reaktionsmechanismus behandelt werden.

Die Einführung des Orbitalmodells ist hier nicht erforderlich; die Verwendung des Elektronenpaarabstoßungsmodells genügt zur Behandlung der Doppelbindungen.

Die Reaktionssterne auf den Seiten 30 bis 32 stellen mögliche Reaktionswege dar, die für die Strukturierung einer Unterrichtsreihe hilfreich sein können. Entscheidet man sich für einen dieser Sterne, so ist eine Auswahl unter möglichen Reaktionswegen vorzunehmen. Es müssen keinesfalls alle angegebenen Wege behandelt werden. Bei der Entscheidung für andere Reaktionswege sollten die verbindlichen Reaktionstypen enthalten sein und der Modellcharakter deutlich werden.

**Themenfeld B: Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie**Vorschläge für Unterrichtsreihen:

- Vom fossilen Rohstoff über Ethen zu Anwendungsprodukten
- Vom Raps über Rapsöl zu Anwendungsprodukten
- Vom fossilen Rohstoff über Cyclohexanol zu Kunststoffen
- ...

**Unterrichtsgegenstände**

- **Verknüpfung von Reaktionen zu Reaktionswegen** (siehe auch Reaktionssterne)
- **Reaktionstypen: Substitution, Addition, Eliminierung** <sup>1)</sup>, Polymerisation, Kondensation
- **Aufklärung eines Reaktionsmechanismus** (verbindlich nur für Leistungskurs)
- Bindungsenthalpien, Reaktionsenthalpien, Energiediagramme, Katalysatoren
- **Stoffklassen: Alkane, Alkene, Halogenalkane, Ester**, Ether, Fette, Seifen, Polymere; systematische Nomenklatur
- Einfluss der Molekülstrukturen auf das Reaktionsverhalten: **Funktionelle Gruppen**, Nucleophilie, Elektrophilie, I-Effekt, M-Effekt, sterischer Effekt
- Beeinflussung des Reaktionsverhaltens durch äußere Faktoren: z. B. Temperatur, Druck, Lösemittel, Konzentration
- Verfahren zum Nachweis von Stoffen/funktionellen Gruppen
- ein modernes Verfahren zur Aufklärung von Molekülstrukturen
- integrierte Wiederholung: Alkanole, Alkanale, Alkanone, Alkansäuren, Summenformeln, Strukturformeln, Isomerie

<sup>1)</sup> Die Behandlung von zwei dieser drei Reaktionstypen ist verbindlich.

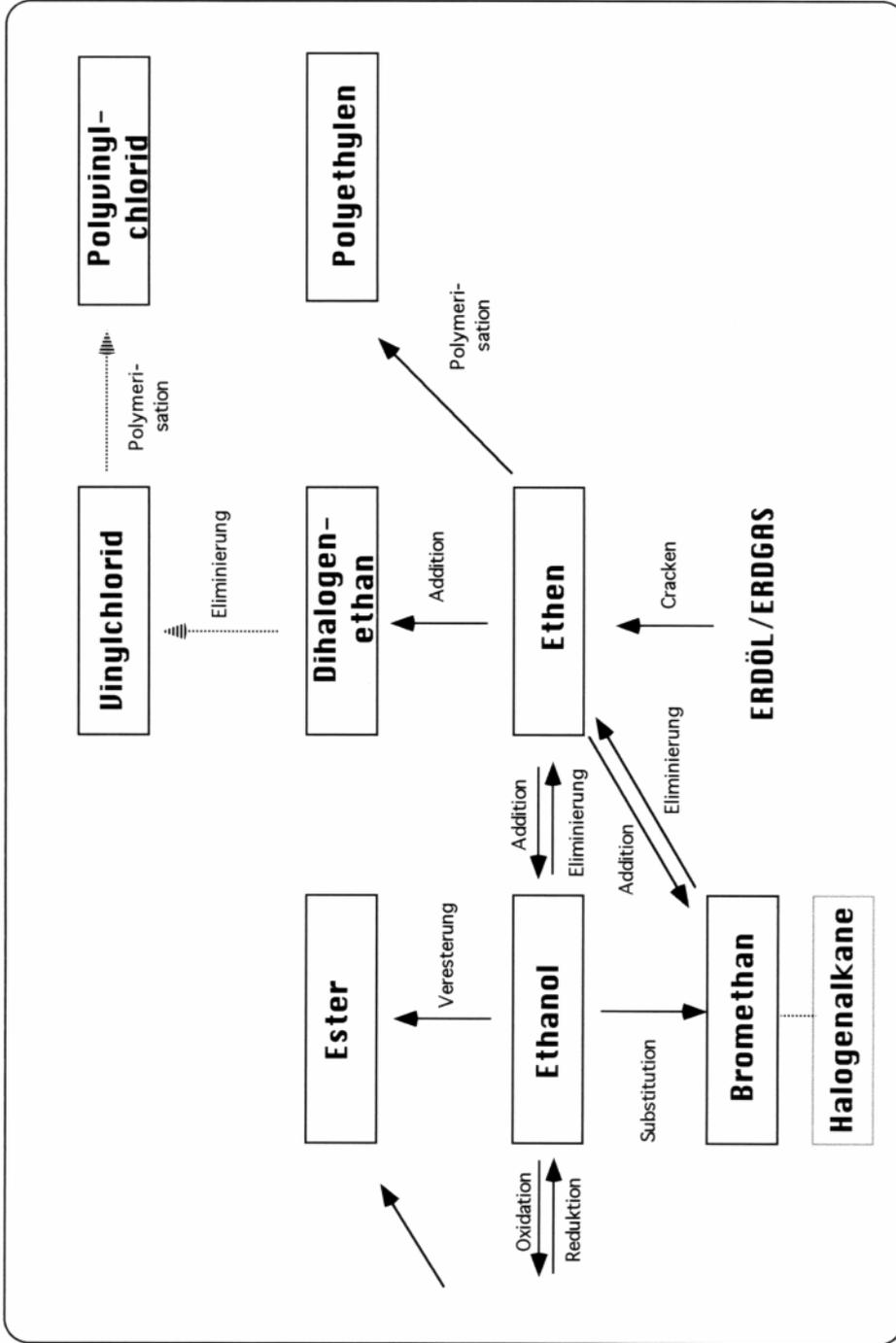
### Fachliche Qualifikationen

- Denken in molekularen Strukturen
- Umgang mit verschiedenen Formeltypen (vgl. Kap. 7.1)
- sachgerechter Umgang mit Glasgeräten und Apparaturen in der organischen Chemie
- Experimente unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften durchführen
- Aufstellen und Interpretieren von Diagrammen, Schemata etc.
- Verbalisieren von Reaktionsabläufen in der organischen Chemie

### Möglichkeiten für selbstständiges Arbeiten und fachübergreifenden Unterricht

- Literaturrecherchen/Referate/Facharbeiten
  - Gewinnung eines Naturstoffes
  - Großtechnische Durchführung behandelter Synthesen
  - Technische Bedeutung behandelter Reaktionsprodukte (z. B. Kühlmittel, Lösemittel etc.)
  - Alltagsbedeutung behandelter Reaktionsprodukte (Reinigungsmittel, Kunststoffe etc.)
  - Produktionsmengen, Standortfaktoren, Ökobilanzen
  - Verbundsysteme in der chemischen Industrie
- Biologie, Erdkunde: Ursachen und Folgen des Ozonlochs, Ursachen und Folgen des Treibhauseffekts, Umgang mit Ressourcen/nachhaltige Wirtschaftsweise
- Sozialwissenschaften: Erkundung eines Betriebs im Bereich der organischen Chemie
- Erdkunde: Lagerstätten fossiler Rohstoffe und Anbaugelände nachwachsender Rohstoffe
- Technik: Gewinnung von Dieselkraftstoff aus Raps, Crackverfahren

**Reaktionsstern zur Unterrichtsreihe:  
"Vom fossilen Rohstoff über Ethen zu Anwendungsprodukten"**



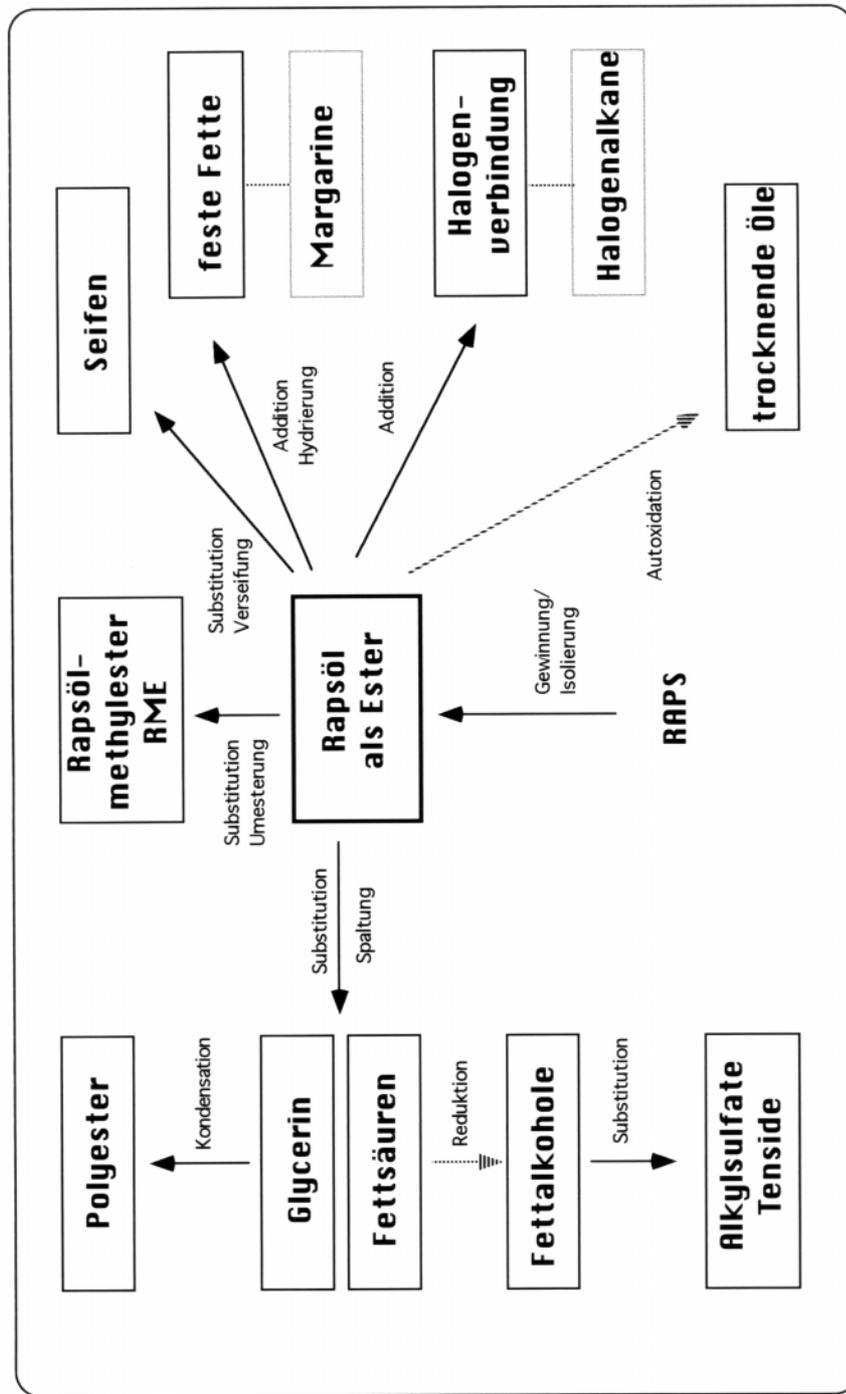
Ethen-Reaktionsstern

↑ In der Schule experimentell zugänglich

⋯ In der Schule nicht oder nur mit erheblichem Aufwand zugänglich

□ Anknüpfungsmöglichkeit

# Reaktionsstern zur Unterrichtsreihe: "Dom Raps über Rapsöl zu Anwendungsprodukten"



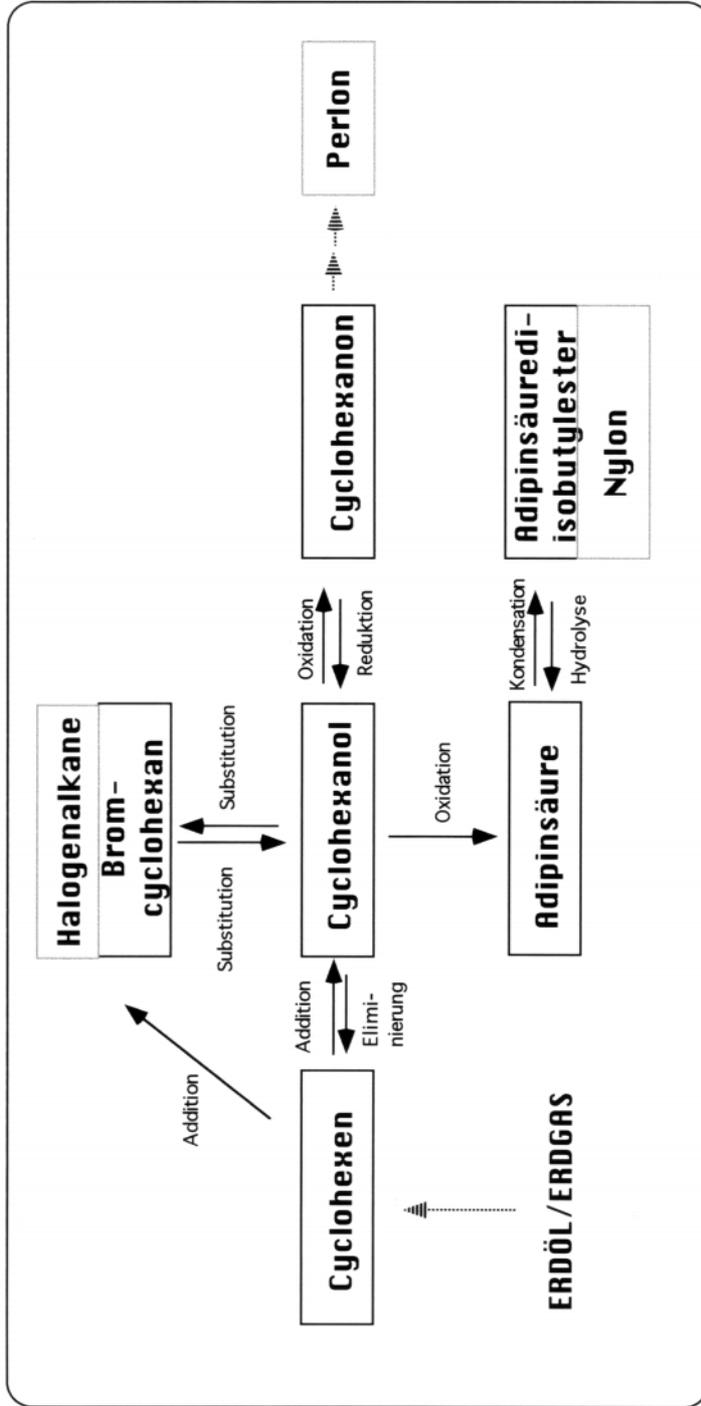
Rapsöl-Reaktionsstern

▲ In der Schule experimentell zugänglich

⚡ In der Schule nicht oder nur mit erheblichem Aufwand zugänglich

□ Anknüpfungsmöglichkeit

## Reaktionsstern zur Unterrichtsreihe: "Vom fossilen Rohstoff über Cyclohexanol zu Anwendungsprodukten"



Cyclohexanol-Reaktionsstern

▲ In der Schule experimentell zugänglich

▲ In der Schule nicht oder nur mit erheblichem Aufwand zu realisieren

□ Anknüpfungsmöglichkeit

## **Themenfeld C: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung**

### ***Begründung des Themenfeldes***

Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten mit den Protolysen neben den Redoxreaktionen und den Reaktionstypen der organischen Chemie einen weiteren wichtigen Reaktionstyp. Dabei werden die in der Jahrgangsstufe 11 angelegten Grundkenntnisse zum Massenwirkungsgesetz vertieft. Die prinzipiellen Gemeinsamkeiten zwischen Redox- und Säure-Base-Reaktionen als Donator-Akzeptor-Reaktionen können herausgearbeitet werden (1. Bereich).

Mit Hilfe dieses Themenfeldes sollen Schülerinnen und Schüler analytische Methoden als ein typisch chemisches Instrument zur Erfassung von Vorgängen in der Umwelt begreifen. Die durchgeführten Experimente sollten deshalb einen Praxisbezug haben, wie z. B. Wasser-, Boden-, Lebensmittel-, Reinigungsmitteluntersuchungen etc. (2. Bereich).

Darüber hinaus bietet das Thema vielfältige Möglichkeiten, bisher Gelerntes unter neuen Aspekten bzw. neuen Problemstellungen anzuwenden. Damit ist es besonders dazu geeignet, das selbstständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler zu fördern, zumal die quantitativen Experimente in der Regel gut als Schülerversuche durchführbar sind (1. und 3. Bereich).

### ***Hinweise zur unterrichtlichen Behandlung***

Die Behandlung des Themenfeldes bietet die Möglichkeit, analytische Verfahren aus unterschiedlichen Bereichen der Chemie zur Untersuchung komplexerer Fragestellungen (z. B. zur Wasseruntersuchung) einzusetzen. Es ist aber ebenfalls möglich, die elektrochemischen Verfahren im Rahmen des Themenfeldes A zu behandeln.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei diesem Thema nicht um einen Einführungskurs in die allgemeine Analytik handelt. Im Mittelpunkt dieses Kurses stehen nur die Analysenmethoden, die auf der Protolysetheorie und elektrochemischen Grundlagen beruhen.

**Themenfeld C: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung**Vorschläge für Unterrichtsreihen:

- Quantitative Bestimmung von Säuren in Lebensmitteln durch Titration
- pH-Wert-Bestimmung in Gewässern und Böden
- Von der Konzentrationszelle zur Bestimmung des Löslichkeitsprodukts
- Konzentrationszelle und pH-Wert-Messung
- Potentiometrische Konzentrationsbestimmung von Ionen in Gewässern
- ...

## Unterrichtsgegenstände

- **Protolysen als Gleichgewichtsreaktionen: Säure-Base-Begriff nach Brönsted, Autoprotolyse des Wassers pH-, pOH-,  $pK_s$ -,  $pK_b$ -Wert**
- **einfache Titrations mit Endpunktsbestimmung**
- Protolyse von Salzen
- Puffer/Puffersysteme
- **Titrationen** (obligatorisch nur für Leistungskurs), Indikatoren
- Anwendungen der Nernst-Gleichung: pH-Messung,  $pK_L$ -Bestimmung, Funktionsweise der Einstabmesskette, Potentiometrie
- Leitfähigkeitstitrationsen
- Redoxstittationen
- integrierte Wiederholung von Begriffen aus der Sekundarstufe I und der Jahrgangsstufe 11: Säure, Base, Titration, Massenwirkungsgesetz

### Fachliche Qualifikationen

- Erkennen und Anwenden des Donator-Akzeptor-Prinzips
- Umgang mit Tabellen
- Umgang mit Messgeräten
- Beherrschung maßanalytischer Untersuchungsmethoden
- Fehlerbetrachtung und Bewertung von Messergebnissen
- Erfassung, Darstellung und Auswertung von Messwerten mit dem Computer
- Reflexion der Problematik von Grenzwertfestlegungen

### Möglichkeiten für selbstständiges Arbeiten und fachübergreifenden Unterricht

- Planung, Durchführung und Auswertung quantitativer Experimente
- Unterrichtsgang zum chemischen Untersuchungsamt
- Informationsbeschaffung zu aktuellen Umweltdaten (z. B. mit Hilfe des Computers)
- Referate/Facharbeiten
- Biologie: Auswirkungen des sauren Regens, Gewässerbelastung, Bioindikatoren, Puffersysteme in Blut, in Gewässern und Böden
- Erdkunde: Bodenuntersuchungen, Einsatz von Düngemitteln

### 2.3.3 Gestaltung der Jahrgangsstufe 13

#### Begründung des Leitthemas

Die curricularen Anforderungen für die Jahrgangsstufen 11 und 12 stellen sowohl für den Grund- als auch für den Leistungskurs sicher, dass die Schülerinnen und Schüler über ein gesichertes Grundverständnis chemischer Vorgänge verfügen. Die im Unterricht der beiden Jahrgangsstufen erworbenen Kenntnisse und Qualifikationen stellen ein solides Fundament dar, das Schülerinnen und Schüler befähigt, fachliche und überfachliche Zusammenhänge herzustellen, neue Problemstellungen zu erkennen und theoretische wie praktische Lösungswege einzuschlagen. Mit der Jahrgangsstufe 13 werden die allgemeinen Zielsetzungen der Qualifikationsphase vertieft. Die besondere Aufgabe dieser Jahrgangsstufe besteht darin, den Lernenden in exemplarischer Form die Leistungen chemischer Forschung und deren Anwendung unter dem Leitthema: „Chemische Forschung – Erkenntnisse, Entwicklungen und Produkte“ nahe zu bringen. Dabei

- vollziehen sie die Entwicklung von Theorien und die Übertragung theoretischer Kenntnisse in den Anwendungsbereich nach
- erkennen sie die Bedeutung theoretischen Wissens für Entwicklungen
- stellen sie Betrachtungen zum Verhältnis von Wertfreiheit und Anwendungsorientierung theoretischen Wissens an
- entdecken sie, dass die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Chemie Grundlage für die Ausübung vieler Disziplinen, Berufe und Tätigkeiten sind
- lernen sie, dass die Wissenschaft Chemie einen Beitrag zur Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit unter dem Leitsatz „Nachhaltigkeit“ leistet
- erkennen sie, dass Problemlösungen auf interdisziplinärer Basis gefunden werden müssen, um die ökologischen und ökonomischen Fragen globaler Dimension (Begrenztheit natürlicher Ressourcen und der ökologischen Belastbarkeit) zu bewältigen
- erfahren sie, dass andere wissenschaftliche Disziplinen, die in der Wissenschaft Chemie hervorgebrachten Ergebnisse in vielfältiger Weise anwenden
- werden sie befähigt, Nutzen und Missbrauch naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen begründet abzuschätzen und sachgerecht zu beurteilen.

Durch die Struktur der Jahrgangsstufe 13 werden diese Ziele ermöglicht. Die Unterrichtenden wählen aus einer offenen Liste von Themenfeldern mindestens ein Themenfeld aus. Um im Sinne einer Progression das für die Jahrgangsstufe 13 notwendige Niveau zu erreichen, ist es allerdings notwendig, wichtige Theorien einzubeziehen, die die Grundlagen für weit reichende Forschungen und Entwicklungen lieferten und immer noch liefern. Diese so genannten **Theoriekonzepte** gehen in ihrer Komplexität über die im bisherigen Unterricht behandelten Vorstellungen hinaus. Durch das Verständnis dieser Theoriekonzepte erhalten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, in begrenzten Bereichen Forschungs- und Entwicklungsprozesse nachzuvollziehen. Der jeweilige Unterrichtsgang ist so durchzuführen, dass eines von fünf zur Wahl stehenden Theoriekonzepten im Rahmen der Sequenz **integrativ** behandelt wird. **Die Koppelung von Themenfeld und Theoriekonzept ist leitendes Prinzip der Unterrichtsgestaltung für die Jahrgangsstufe 13.**

Jahrgangsstufe 13  
Leitthema: **Chemische Forschung – Erkenntnisse, Entwicklungen und Produkte**

**Themenfelder**

- A **Farbstoffe und Farbigkeit**
- B **Pharmaka und Drogen**
- C **Natürliche und synthetische Werkstoffe**
- D **Weiterentwicklung und Optimierung eines Anwendungsproduktes**
- E **Ein technisches Produktionsverfahren**
- F **Analytische Verfahren in der Anwendung**
- G **Energie: Quellen – Nutzung – Umweltbelastung**
- H **Unsere Nahrungsmittel: Herstellung, Analyse, Struktur und Abbau im Organismus**
- I **Umweltchemie: Wasser, Luft und Boden**
- J **Naturstoffe und ihre Bedeutung**
- K **Nachwachsende Rohstoffe**
- L ...

**Theoriekonzepte**

<b>Das aromatische System</b>	<b>Die koordinative Bindung</b>	<b>Kristalline und nicht-kristalline Festkörperstrukturen</b>	<b>Makromoleküle</b>	<b>Energetik</b>
Modellvorstellung zum Verständnis wichtiger organischer Verbindungen	Modellvorstellung zum Verständnis komplexer Verbindungen	Prinzipien für den Aufbau vieler Feststoffe	Bausteine vieler Natur- und Kunststoffe	Ein wichtiges Prinzip zum Verständnis von Energieumwandlungen und der Steuerung chem. Reaktionen

## Themenfelder

Die folgenden Themenfelder stellen den Rahmen für die Konzipierung eines Unterrichtsganges für die Jahrgangsstufe 13 dar. Die Liste kann durch weitere Themenfelder ergänzt werden.

- A Farbstoffe und Farbigkeit
- B Pharmaka und Drogen
- C Natürliche und synthetische Werkstoffe
- D Weiterentwicklung und Optimierung eines Anwendungsproduktes
- E Technische Produktionsverfahren
- F Analytische Verfahren in der Anwendung
- G Energie: Quellen – Nutzung – Umweltbelastung
- H Unsere Nahrungsmittel: Herstellung, Analyse, Struktur und Abbau im Organismus
- I Umweltchemie: Wasser, Luft und Boden
- J Naturstoffe und ihre Bedeutung
- K Nachwachsende Rohstoffe
- L ...

Der Lehrkraft steht es frei, innerhalb der beiden Kurshalbjahre je nach Zeit und Umfang kursbezogene bzw. individuelle Schwerpunkte zu setzen. Die Bearbeitung lediglich **eines** Themenfeldes ist verbindlich, d.h., es muss mindestens eine Unterrichtsreihe, die die drei Bereiche des Faches (siehe Kapitel 2.1) berücksichtigt, durchgeführt werden. Die Verknüpfung von mehreren Themenfeldern durch eine oder mehrere Unterrichtsreihe(n) ist ebenso möglich. Bei der Planung von Unterrichtsreihen erlaubt gerade die Vielfalt und Vielschichtigkeit der Themenfelder unterschiedliche fachliche, methodische und unterrichtsorganisatorische Zugriffsweisen.

Eine Auswahl und Schwerpunktsetzung ist notwendig und ausgesprochen erwünscht im Hinblick

- auf den Umfang und den Komplexitätsgrad der fachlichen Gegenstände der Unterrichtsreihe (1. Bereich: Fachliche Inhalte)
- auf die Übertragung von Erkenntnissen chemischer Forschung auf mögliche Anwendungen (2. Bereich: Lernen im Kontext)
- auf die Fähigkeit der Lernenden, Fragestellungen selbstständig zu formulieren, einzeln oder im Team zu bearbeiten und die Ergebnisse wirkungsvoll zu präsentieren (3. Bereich: Methoden und Formen selbstständigen Arbeitens).

## Theoriekonzepte

Mindestens eines der nachfolgend dargestellten **Theoriekonzepte** ist in der Jahrgangsstufe 13 auszuwählen. Durch Einführung und Anwendung eines solchen Konzepts können die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe einer chemischen Modellvorstellung, die sie bisher noch nicht kennen gelernt haben, die Leistungen chemischer Forschung in der Vergangenheit für die Bewältigung von wissenschaft-

lichen Problemstellungen aktiv rekonstruieren. Damit werden sie in die Lage versetzt, die Bedeutung zu verstehen, die wissenschaftliche Entdeckungen für die Beantwortung gerade auch aktueller Fragestellungen haben. Der Einfluss, den neue Forschungsergebnisse in der Chemie auf die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung hatten, sollte dabei ebenfalls ausschnitthaft – fachbezogen oder fächerverbindend – thematisiert werden.

Im Folgenden werden die fünf Theoriekonzepte vorgestellt.

### **Theoriekonzept: Das aromatische System** – Modellvorstellung zum Verständnis wichtiger organischer Verbindungen

Obligatorische Unterrichtsgegenstände:

- Strukturen des aromatischen Systems
  - konjugierte Doppelbindungen in zyklischen Systemen
  - mesomere Formeln, Mesomerieenergie
  - Hückel-Regel
- Mechanismus der elektrophilen Substitution
  - Bildung des Elektrophils, Katalysator
  - $\pi$ -Komplex;  $\sigma$ -Komplex, Rückbildung des aromatischen Systems
- Zweitsubstitution
  - aktivierender und dirigierender Einfluss von Substituenten.

Viele natürliche und synthetische Verbindungen enthalten in ihren Molekülen das aromatische System mit seinen charakteristischen Eigenschaften. Die Behandlung solcher Stoffe erfordert die Erklärung dieser Eigenschaften durch eine Erweiterung der bisher kennen gelernten Modellvorstellungen über die Bindungsverhältnisse in organischen Molekülen. Das besondere Reaktionsverhalten führt auch zu einem weiteren Reaktionstyp bzw. Reaktionsmechanismus, dessen Verständnis die gezielte Synthese von z. B. Farbstoffen, Kunststoffen und Pharmaka mit breitem Anwendungsspektrum ermöglicht. Der Zusammenhang zwischen chemischer Forschung und der Herstellung praxisrelevanter Produkte wird hier für die Schülerinnen und Schüler auch unter chemiehistorischen Gesichtspunkten in besonderer Weise erfahrbar. Durch die Behandlung von aromatischen Molekülen mit zusätzlichen funktionellen Gruppen können auch Stoffkenntnisse aus den Jahrgangsstufen 11 und 12 wiederholt und erweitert werden.

Dieses Theoriekonzept kann in mehrere Themenfelder integriert werden. Nahe liegend ist die Behandlung innerhalb der Themenfelder „Farbstoffe und Farbigkeit“ und „Pharmaka und Drogen“ im Rahmen der Untersuchung und Herstellung von Azo- und/oder Triphenylmethanfarbstoffen bzw. von Aspirin und/oder eines Sulfonylamids. Ebenso kann es in den Themenfeldern „Natürliche und synthetische Werkstoffe“ und „Weiterentwicklung und Optimierung eines Anwendungsproduktes“, z. B. bei fotografischen Entwicklern und Farbfilmern behandelt werden.

Für ein tieferes Eindringen in die Theorie des aromatischen Systems bietet sich hier, besonders für den Leistungskurs, die Einführung des Orbitalmodells an. Eine theoretische Überfrachtung muss jedoch vermieden werden. Deshalb sollte die

Erklärung des dirigierenden Einflusses von Ersts substituenten über die Stabilität der  $\sigma$ -Komplexe dem Leistungskurs vorbehalten bleiben; im Grundkurs genügen Betrachtungen zu den M- und I-Effekten der Ersts substituenten.

**Theoriekonzept: Die koordinative Bindung** – Modellvorstellung zum Verständnis komplexer Verbindungen

Obligatorische Unterrichtsgegenstände:

- Aufbau und Struktur von komplexen Verbindungen
  - Zentralatom, Ligand
  - Koordinationszahl
  - Koordinationspolyeder, räumliche Anordnung der Liganden
  - Nomenklatur komplexer Verbindungen
  - Ligandenaustausch
  - mehrzählige Liganden, Chelate
- Modellvorstellung zur koordinativen Bindung
  - z. B. 18-Elektronen-Regel, VB-, Ligandenfeldtheorie.

Das Theoriekonzept „Die koordinative Bindung“ ergänzt, erweitert und vertieft nicht nur die Modellvorstellungen zur chemischen Bindung um einen weiteren wichtigen Bindungstyp. Darüber hinaus bietet es Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, chemische Inhalte und Methoden der vorhergehenden Jahrgangsstufen unter neuen Aspekten anzuwenden, zu wiederholen und zu vernetzen. So bietet zum Beispiel die Bearbeitung der Stabilität komplexer Verbindungen (Stabilitätskonstanten) eine sinnvolle Möglichkeit, das chemische Gleichgewicht und das Massenwirkungsgesetz erneut in den Blick zu nehmen.

Sachverhalte zur Chemie komplexer Verbindungen finden sich in vielen der angegebenen Themenfelder wieder. Ihre Kenntnis ist oft notwendige Voraussetzung für ein tieferes Verständnis der Zusammenhänge. Einige Beispiele sollen dies verdeutlichen. So können Schülerinnen und Schüler zum Beispiel Adsorptionsvorgänge, die im Zusammenhang mit der Chemie des Bodens eine Rolle spielen, ohne Kenntnisse zur koordinativen Bindung nicht verstehen und erklären. Weiterhin bietet sich die Komplexometrie als eine wichtige Methode zur analytischen Bestimmung verschiedener Metallkationen in wässriger Lösung an. Dies ist für quantitative Untersuchungen sowohl im Umweltbereich als auch in der chemischen Produktion hilfreich und nützlich. Die Bestimmung der Wasserhärte erfolgt in der Regel ebenfalls auf diese Weise. Die Bezüge zum Themenfeld F „Analytische Verfahren in der Anwendung“ liegen auf der Hand.

Für ein tieferes Eindringen in die Theorie der koordinativen Bindung bietet sich, insbesondere für Leistungskurse, die Einführung des Orbitalmodells an. Dies gilt vor allem dann, wenn räumliche Anordnungen der Liganden bearbeitet und gedeutet werden sollen, z. B. im Rahmen der VB- und Ligandenfeldtheorie. Ein hinreichendes Verständnis ist allerdings auch mit dem Kästchenschema nach Pauling zu erreichen.

Verknüpfungen mit dem Themenfeld „Farbstoffe und Farbigkeit“ ergeben sich sowohl durch die Metallkomplexfarbstoffe als auch durch die so genannte spektrochemische Reihe, bei der durch Ligandenaustausch Farbänderungen eintreten, die mit Hilfe der Ligandenfeldtheorie deutbar sind.

Die Funktion vieler biologisch bedeutsamer Moleküle, genannt seien nur das Chlorophyll- und Hämoglobinmolekül, beruht auf Komplexreaktionen. Gleiches gilt für die Fixierung des molekularen Luftstickstoffs durch Knöllchenbakterien. So genannte Komplexbildner (Komplexierungsmittel) werden u. a. in Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzt. Nicht zuletzt spielen komplexe Verbindungen in der Fotografie und als Katalysatoren in der chemischen Industrie eine Rolle.

Es ergibt sich eine Fülle von Beziehungen zwischen der Chemie komplexer Verbindungen und den unterschiedlichsten Bereichen, die geeignet ist, Schülerinnen und Schülern vernetztes Denken zu ermöglichen.

### **Theoriekonzept: Kristalline und nichtkristalline Festkörperstrukturen – Prinzipien für den Aufbau vieler Feststoffe**

Obligatorische Unterrichtsgegenstände:

- Aufbau von kristallinen und amorphen Feststoffen
  - Atome, Ionen, Moleküle als Bausteine
  - Bindungen in Feststoffen, z. B. kovalente, ionische, metallische, van-der-Waals-Bindungen
  - Nahordnung und Fernordnung in Feststoffen
  - Strukturen in Kristallen
    - ◆ Elementarzelle
    - ◆ Gittertyp(en) und/oder Kugelpackung(en)
    - ◆ gegebenenfalls Ketten-, Schicht-, Raumnetzstruktur
  - Strukturen in amorphen Feststoffen
    - ◆ „feste Schmelze“/„feste Lösung“
- Aufklärung von Festkörperstrukturen  
z. B.: Prinzip der Röntgenstrukturanalyse, Prinzip der Raster-Kraft/Tunnel-Mikroskopie ...
- Struktur/Eigenschaftsbeziehungen  
z. B. Härte, Dichte, Wärmeleitfähigkeit, Schmelztemperatur bzw. Erweichungsbereich ...

Viele High-Tech-Produkte – insbesondere im Bau- und Werkstoffbereich – gehören zu den Feststoffen. Sie spielen eine große Rolle in Alltags- und Lebenswelt und haben diese erheblich verändert. Deshalb ist es sinnvoll, sich in der Jahrgangsstufe 13 mit den ihnen zu Grunde liegenden Strukturen zu beschäftigen und die Kenntnisse über den festen Aggregatzustand zu vertiefen und auszuweiten. Anknüpfungsmöglichkeiten bieten z. B. die Stoffgruppen der Metalle, Salze und Kunststoffe, über die die Schülerinnen und Schüler bereits Grundkenntnisse erworben haben.

Bei der Integration dieses Theoriekonzepts in ein Themenfeld der Jahrgangsstufe 13 werden die Vorstellungen und Kenntnisse über Bindungen und Bindungstypen erweitert und vertieft. Durch Anwendungen und Ausweitungen geometrischer Kenntnisse im Bereich der Kristallchemie erfolgt eine Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Energetische Betrachtungen (z. B. zur Gitterenergie) können hier ihren Platz finden. Eine Schwerpunktsetzung in Bezug auf das gewählte Themenfeld ist notwendig: Werden beispielsweise „Metalle und Legierungen als Werkstoffe“ behandelt, so werden sicherlich dichteste Kugelpackungen einen solchen Schwerpunkt bilden, während die Behandlung der Strukturen amorpher Festkörper nur gestreift wird. Umgekehrt liegen die Verhältnisse beim Thema „Glas als Werkstoff“. Bei der Behandlung von „Halbleitern“ muss der oben angegebene Gegenstandskatalog erweitert werden (z. B. Dotierung mit Fremdatomen und ihre Auswirkung auf die elektrische Leitfähigkeit). Eine systematische Betrachtung aller Kristallsysteme und Gittertypen entspricht nicht den Intentionen des Lehrplans.

Es besteht eine enge Beziehung des Theoriekonzepts „Kristalline und nichtkristalline Festkörperstrukturen“ zum Themenfeld „Natürliche und synthetische Werkstoffe“. Eine Integration in andere Themenfelder – wie z. B. „Weiterentwicklung und Optimierung eines Anwendungsproduktes“ – ist aber ebenfalls möglich.

### **Theoriekonzept: Makromoleküle** – Bausteine vieler Natur- und Kunststoffe

Obligatorische Unterrichtsgegenstände

- Aufbau von Makromolekülen
  - Monomere als Bausteine der Polymere
  - Größe, Gestalt und Anordnung der Makromoleküle: fadenförmige, verzweigte, vernetzte Moleküle, Helixstruktur, räumliche Faltung
  - molare Masse
- Reaktionstypen zur Verknüpfung von Monomeren zu Polymeren
  - Polymerisation und/oder
  - Polykondensation und/oder
  - Polyaddition
- Struktureigenschaftsbeziehungen
  - Temperaturverhalten, z. B. Schmelzen, Zersetzen, Denaturieren und/oder
  - Lösungsverhalten und/oder
  - Viskosität und/oder
  - Verhalten gegenüber Säuren und Laugen.

Die Kenntnis des Theoriekonzepts „Makromoleküle“ ist für das Verständnis der Chemie vieler Naturstoffe (Proteine, Kohlenhydrate, Nukleinsäuren), aber auch synthetischer Stoffe (Kunststoffe) unerlässlich. Letztere haben unser Leben in diesem Jahrhundert in einem Maße verändert wie kaum eine andere Stoffgruppe. Aufbau- und Strukturbetrachtungen sind bei Makromolekülen anspruchsvoller als bei niedermolekularen Verbindungen. Umfang und Art der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen sind jedoch erheblich davon abhängig, welche Makromoleküle Gegenstand unterrichtlicher Betrachtungen sind.

Schülerinnen und Schüler können chemische Kenntnisse, die sie vor allem in der organischen Chemie in den Jahrgangsstufen 11 und 12 erworben haben, unter neuen Gesichtspunkten anwenden und vertiefen. Beispiele hierfür sind Kenntnisse über funktionelle Gruppen, das Reaktionsverhalten organischer Verbindungen, Reaktionstypen und -mechanismen.

Die Berührungspunkte mit Themenfeldern, denen sich dieses Theoriekonzept zuordnen lässt, sind nahe liegend und bedürfen keiner weiteren Erläuterung: „Natürliche und synthetische Werkstoffe“, „Naturstoffe und ihre Bedeutung“, „Unsere Nahrungsmittel“, „Nachwachsende Rohstoffe“, „Weiterentwicklung und Optimierung eines Anwendungsproduktes“ (z. B. Fasern, Gewebe, Kleidung).

**Theoriekonzept: Energetik** – ein wichtiges Prinzip zum Verständnis von Energieumwandlungen und der Steuerung chemischer Reaktionen

Obligatorische Unterrichtsgegenstände:

- Systembegriff
  - offenes, geschlossenes, isoliertes System
  - Zustandsgrößen
- Energie und Enthalpie
  - innere Energie
  - Enthalpie als Größe, Reaktionsenthalpie
  - Standardbildungsenthalpie, Bindungsenthalpie
- Freie Enthalpie
  - Entropie als „Maß für die Unordnung“ eines Systems
  - Reaktionsentropie
  - freie Enthalpie als Größe, Gibbs-Helmholtz-Gleichung
  - exotherm – endotherm, exergonisch – endergonisch
  - freie Standardbildungsenthalpie.

Energetische Aspekte bei chemischen Reaktionen sind schon in der Sekundarstufe I, z. B. bei der Einführung der Begriffe exotherm und endotherm, in den Blick genommen worden. Durch die Behandlung von Katalysatoren und die Erarbeitung der RGT-Regel in der Jahrgangsstufe 11 und durch die Betrachtung von Energiediagrammen bei Reaktionsmechanismen in der Jahrgangsstufe 12 sind Erweiterungen erfolgt. Im Rahmen dieses Theoriekonzepts können diese Aspekte wieder aufgegriffen und vertieft werden. Darüber hinaus bietet es Möglichkeiten, Erkenntnisse aus verschiedenen Sachgebieten miteinander zu vernetzen. Die Einführung der Entropie als „Maß für die Unordnung“ eines Systems eröffnet ein tieferes Verständnis für die Energieentwertung bei Umwandlungsprozessen; ihre Verknüpfung mit der Enthalpie zur freien Enthalpie ermöglicht dagegen eine neue Betrachtungsweise chemischer Reaktionen. Die freie Enthalpie kann mit Potentialdifferenzen elektrochemischer Messungen und der Gleichgewichtskonstanten in Beziehung gesetzt werden. Im Rahmen dieses Konzeptes ist jedoch nicht an eine systematische Einführung in die Thermodynamik chemischer Reaktionen gedacht.

Die Behandlung kann innerhalb verschiedener Themenfelder, jedoch mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung, erfolgen. Im Themenfeld „Energie: Quellen – Nutzung – Umweltbelastung“ kann das Problem der Energieentwertung bei Verbrennungsvorgängen und bei elektrochemischen Verfahren zur Energiegewinnung in den Vordergrund treten, während im Themenfeld „Umweltchemie: Wasser, Luft und Boden“ die freie Enthalpie ein Verständnis für die Steuerungsmöglichkeiten chemischer Reaktionen, z. B. zur Verringerung umweltbelastender Abgase in Kraftwerken und Motoren und bei ihrer weit gehenden Beseitigung mit Hilfe nachgeschalteter Katalysatoren, eröffnet. An solchen Beispielen können Schülerinnen und Schüler auch die Bedeutung wissenschaftlicher Forschung und technologischen Fortschritts für die Erhaltung der natürlichen Ressourcen exemplarisch erfahren. Diese Betrachtungen sind ebenso im Rahmen des Themenfeldes „Ein technisches Produktionsverfahren“ zu realisieren. Aber auch im Themenfeld „Unsere Nahrungsmittel: Herstellung, Analyse, Struktur und Abbau im Organismus“ lassen sich energetische Betrachtungen bei Stoffwechselfvorgängen sinnvoll integrieren. Die Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse auf Assimilations- und Dissimilationsvorgänge führt auch hier zu einem vertieften Verständnis dieser Reaktionsabläufe und des Energiehaushalts von Zellen und Organismen.

### **Hinweise zur unterrichtlichen Behandlung**

Grundlage für die Jahresplanung ist sowohl die Entscheidung für mindestens **ein** Themenfeld als auch für **ein** Theoriekonzept. Es würde der Intention des Lehrplans nicht entsprechen, die unterrichtlichen Gegenstände eines Theoriekonzeptes additiv in einer Unterrichtsreihe abzuhandeln. Die zentrale Aufgabe für die Unterrichtenden besteht darin, das gewählte Theoriekonzept mit einem Themenfeld zu verzahnen. Schülerinnen und Schüler können den Erkenntnisgewinn mit Hilfe modellhafter Vorstellungen dann am besten nachvollziehen, wenn diese in einem begrenzten thematischen Kontext angewendet werden. Das gewählte Themenfeld, zu dem eine Unterrichtsreihe geplant wird, ist mit einem der fünf Theoriekonzepte so zu verschränken, dass die theoretischen Anteile der Reihe immer einen konkreten Bezugspunkt haben, z. B. einen Stoff, eine Reaktion o. Ä.

Die Entscheidung für ein Theoriekonzept ergibt sich manchmal direkt aus der Wahl eines Themenfeldes. So ist es nahe liegend, im Rahmen einer Unterrichtsreihe zu „Pharmaka und Drogen“ (Themenfeld B) oder zu „Farbstoffe und Farbigkeit“ (Themenfeld A) die Theorie des aromatischen Systems zu behandeln. Möglich ist aber auch, im Themenfeld A eine Unterrichtsreihe durchzuführen, die die Behandlung von komplexen Verbindungen erforderlich macht. Aufbau, räumliche Struktur und die Modellvorstellung zur koordinativen Bindung sind dabei notwendige Theorieaspekte, die das Auftreten von Farbigkeiten erklären können.

Beispielsweise könnte die integrative Behandlung des aromatischen Systems im Rahmen des Themenfeldes „Farbstoffe und Farbigkeit“ folgendermaßen aussehen:

Die Unterrichtsreihe könnte von der Frage ausgehen „Warum sind viele Naturstoffe farbig?“. Am Beispiel aliphatischer Naturstoffe (wie Lycopin,  $\beta$ -Carotin o. Ä.) kann erarbeitet werden, dass die Wellenlänge des absorbierten Lichts (und damit die

auftretende Farbigkeit) von der Anzahl konjugierter Doppelbindungen abhängt. Im Gegensatz dazu weisen farbige, aromatische Verbindungen zunächst einen nicht erklärbaren Zusammenhang zwischen Struktur und Farbe auf. Dass aromatische Verbindungen auch anders reagieren als vergleichbare Aliphate, kann experimentell gezeigt werden. Aromatische Verbindungen (z. B. Benzol, Anilin, 4-Nitroanilin) verhalten sich z. B. gegenüber elektrophilen Agenzien anders, als konjugierte Doppelbindungen aliphatischer Stoffe es erwarten lassen. An dieser Stelle ist die Erweiterung des Bindungsmodells nahe liegend und notwendig. Die mesomeren Formen, die Hückel-Regel und der Begriff der Mesomerieenergie machen sowohl das Auftreten von Farbigkeiten als auch das andersartige Reaktionsverhalten plausibel. Die weiterführende Frage „Wie kann man Farbstoffe unterschiedlicher Farbigkeit herstellen?“ schließt sich an. Dabei wird der Mechanismus der elektrophilen Substitution und der Zweitsubstitution herangezogen und liefert die Grundlage für das Verständnis möglicher Synthesewege. Das praktisch-experimentelle Herstellen von Stoffen mit unterschiedlicher Farbigkeit kann dann am Beispiel unterschiedlicher Gruppen wie die der Triphenylmethan- oder Azofarbstoffe erfolgen.

Abschließend können unterschiedliche Färbeverfahren mit kationischen, anionischen, Entwicklungs- oder Küpenfarbstoffen thematisiert werden. Hierbei bieten sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für die Theorie des aromatischen Systems.

Unter dem Begriff Farbstoffe sind nicht nur natürliche und synthetische Stoffe zum Färben zu verstehen, sondern auch anorganische Mineralfarbstoffe („Erdfarben“), die zur Gruppe der Metallkomplexfarbstoffe zählen. Das Themenfeld „Farbstoffe und Farbigkeit“ lässt sich daher auch mit dem Theoriekonzept „Die koordinative Bindung“ sinnvoll verbinden. In einer ähnlich strukturierten Sequenz kann das Auftreten unterschiedlicher Farbigkeiten bei Komplexfarbstoffen auf die spektrochemische Reihe, die in Schulversuchen experimentell zugänglich ist, zurückgeführt werden. So können experimentelle Befunde mit Hilfe der Modellvorstellung zur koordinativen Bindung theoretisch fundiert werden (vgl. auch Ausführungen zum Theoriekonzept „Die koordinative Bindung“, S. 40).

Bei der Entscheidung für das Themenfeld „Energie: Quellen – Nutzung – Umweltbelastung“ liefert die Energetik die notwendigen Begriffe wie Energie, Enthalpie und Entropie, ohne die die Unterrichtsreihe nicht auskommen wird. Die Energetik kann ebenso im Rahmen der Themenfelder „Technische Produktionsverfahren“ und „Umweltchemie“ ein Schwerpunkt werden.

Andere Themenfelder sind nicht an ein bestimmtes Theoriekonzept gebunden, sondern mit allen Theoriekonzepten frei kombinierbar. Dabei sind unterschiedliche planerische Überlegungen möglich.

Bei der Bearbeitung des Themenfeldes C „Natürliche und synthetische Werkstoffe“ können – je nach gewählter Stoffgruppe – die Theoriekonzepte „Kristalline und nichtkristalline Festkörperstrukturen“ oder „Makromoleküle“ verständnisleitend sein. Bei der unterrichtlichen Realisierung der Themenfelder „Unsere Nahrungsmittel“ (H), „Naturstoffe“ (J) und „Nachwachsende Rohstoffe“ (K) kann eines der Theorie-

konzepte „Makromoleküle“, „Das aromatische System“ oder „Energetik“ ein integraler, theoretischer Bestandteil sein. Die Themenfelder D, E, F sowie I sind grundsätzlich mit allen Theoriekonzepten kombinierbar.

Über die freie Kombinierbarkeit von Themenfeld und Theoriekonzept hinaus besteht die Möglichkeit, Unterrichtsreihen aus verschiedenen Themenfeldern sinnvoll miteinander zu verknüpfen. Im Rahmen einer Jahresplanung beispielsweise kann sich an die Behandlung einer Farbstoffgruppe (siehe Themenfeld A) die Frage anschließen, wie die Eigenschaften eines synthetischen Farbstoffes verbessert und wie dieser zu einem optimalen Anwendungsprodukt, das hohen Qualitätsansprüchen genügt, weiterentwickelt wurde (Themenfeld D). Eine Unterrichtsreihe, die den Vergleich von Darstellung im Labor und einem technischen Produktionsverfahren zum Gegenstand hat (Themenfeld E), könnte die Sequenzfolge abschließen.

Es sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass durch die Kombination von Themenfeldern auch eine Möglichkeit zur Wiederholung gegeben wird. Schülerinnen und Schüler können so ihre bereits in der Jahrgangsstufe 11 und 12 erworbenen Kenntnisse und Qualifikationen in neuen thematischen Zusammenhängen systematisieren und vernetzen.

### **Obligatorik**

Für die Jahresplanung verbindlich ist sowohl für den Grund- wie für den Leistungskurs mindestens **ein Themenfeld**, bei dessen unterrichtlicher Realisierung die auf den vorhergehenden Seiten angegeben obligatorischen Gegenstände **eines** der genannten **Theoriekonzepte** integrativ behandelt werden müssen.

## **2.4 Themen für fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten**

Die Prinzipien der Zusammenarbeit mit anderen Fächern werden in Kapitel 1.2 dargestellt. Die folgende Zusammenstellung gibt Unterrichtsgegenstände bzw. Problemstellungen an, deren unterrichtliche Behandlung die Grenzen der chemiespezifischen Sichtweise überschreiten können. Diese sind sowohl für fachübergreifendes Arbeiten aus dem Chemieunterricht heraus als auch für eine fächerverbindende Zusammenarbeit geeignet und sind als Hinweise für den eigenen Chemieunterricht bzw. als Angebote der Zusammenarbeit mit anderen Fächern zu verstehen. Die in der folgenden Übersicht enthaltenen Aspekte sollen als Anregung für die Planung und Durchführung von Unterrichtsreihen oder Projekten dienen.

## **Zusammenarbeit mit den Fächern des mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeldes**

### Mathematik:

- graphische und mathematische Auswertung quantitativer Experimente in den Jahrgangsstufen 11 bis 13
  - Interpretation von Graphen
  - Beschreibung proportionaler Zuordnungen
  - Berechnungen bei der Anwendung der Nernst-Gleichung, des Faraday-Gesetzes etc.
- Beschreibung und Berechnung räumlicher Strukturen bei Kristallen und Molekülen (Fulleren o. Ä.).

### Physik:

- Modellvorstellungen von Atomen, von chemischen Bindungen und Reaktionen (Jahrgangsstufen 11 bis 13), z. B. Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen oder Wellenvorstellung des Elektrons (Welle-Teilchen-Dualismus)
- Stromleitung in Metallen, Halbleitern, Flüssigkeiten, Gasen und Kristallen (Bändermodell etc.) (Jahrgangsstufen 12, 13).

### Physik/Technik:

- alternative Energien, z. B. Gewinnung von Dieselkraftstoff aus Raps (Jahrgangsstufe 12)
- im Zusammenhang mit dem Technikthema „Solar-Wasserstoff-Wirtschaft“ (Jahrgangsstufe 12): Fotovoltaik, Gewinnung (Elektrolyse), Speicherung und Transport von Wasserstoff, Nutzung von Wasserstoff (Brennstoffzelle)
- parallel zu dem Technikthema „Herstellung von Vergaserkraftstoff“ Cracken von Erdöl, Gewinnung von Alkanen und Alkenen (Jahrgangsstufe 12)
- Kohlekraftwerk (Jahrgangsstufe 12), Kernkraftwerk (Jahrgangsstufe 13)
- Recycling von Wertstoffen, z. B. Verpackungsmaterial, Batterien und Akkus (Jahrgangsstufe 12).

### Biologie:

- Gleichgewichtsreaktionen und Reaktionsgeschwindigkeit im Zusammenhang mit der Enzymatik (Biokatalysatoren) (Jahrgangsstufe 11)
- biotechnologische Herstellung von Citronensäure (Fermentation von Zucker mit Hilfe von Mikroorganismen), Bedeutung und Vorkommen der Citronensäure im Organismus (Jahrgangsstufe 11)
- anaerober Abbau von Glucose, Gärung, Gärungstypen in Verbindung mit dem Prinzip der Katalyse (Jahrgangsstufe 11)
- Verwendung von Mikroorganismen in der Abwasserreinigung und der Bodensanierung (Jahrgangsstufe 11)
- Fotosynthese im Zusammenhang mit dem Kohlenstoffdioxid-Carbonatkreislauf (Jahrgangsstufe 11)
- molekularer Bau und Wirkungsweise von Enzymen in Alltagsprodukten (Waschmittel, Kosmetika), in Medizin und Biotechnologie (Jahrgangsstufen 11, 13)
- Redoxsysteme in der Zelle (Atmungskette, Fotosynthese), Nervenpotentiale, Verarbeitung von Sinnesreizen im Nervensystem (Jahrgangsstufe 12)

- Wechselbeziehungen zwischen Organismen und Umweltfaktoren, umweltanalytische Untersuchungen, z. B.
  - zur Bestimmung der Gewässergüte von Wasserproben mit Hilfe biologischer Parameter (Saprobienindex)
  - zur Bestimmung der Auswirkungen des sauren Regens auf Luft, Boden und Gewässer, zum Nachweis von Ionen bei Bodenuntersuchungen, Düngemitteln etc. (Jahrgangsstufe 12)
- Verknüpfung von Reaktionen zu Reaktionswegen am Beispiel eines biochemischen Kreislaufs (Jahrgangsstufen 12, 13)
- Puffersysteme im Blut, in Gewässern und Böden (Jahrgangsstufe 12)
- Düngung und ihre Auswirkungen auf Mensch und Umwelt im Zusammenhang mit der Behandlung des Stickstoffkreislaufs bzw. der großtechnischen Herstellung von Ammoniak im Haber-Bosch-Verfahren (Jahrgangsstufen 11, 12)
- Ursachen und Folgen des Ozonlochs bzw. des Treibhauseffekts als Beispiel für Eingriffe in Stoffkreisläufe (Jahrgangsstufen 11, 12)
- nachhaltige Bewirtschaftung von Ressourcen am Beispiel eines nachwachsenden Rohstoffs (Raps o. Ä.) (Jahrgangsstufen 12, 13)
- Einsatz von Pestiziden und Schädlingsbekämpfungsmitteln (DDT, Pheromonen o. Ä.) und deren Auswirkungen auf Land- und Forstwirtschaft, Mensch und Umwelt (Jahrgangsstufe 13)
- Trennung und Untersuchung von Blattpigmenten (Chromatographie) im Zusammenhang mit Farbstoffen und Farbigekeit, Fotometrie (Jahrgangsstufe 13)
- Wirkungsweise von Drogen und Arzneimitteln, Vergiftungserscheinungen, Sucht und Drogenprophylaxe (Jahrgangsstufe 13).

#### Ernährungslehre:

- im Zusammenhang mit dem Thema „Wasser – ein lebensnotwendiger Stoff“
  - Entstehung, Inhaltsstoffe von Mineral- und Heilwässern/Kohlenstoffdioxid-Carbonat-Kreislauf (Jahrgangsstufe 11)
  - Konzentrationsbestimmungen von Säuren, pH-Wert-Messungen, potentiometrische Bestimmung von Ionen in Lebensmitteln und in Trinkwasserbehältern (Jahrgangsstufe 12)
- Inhaltsstoffe der Nahrung: Kohlenhydrate, Eiweiße, Fette, Vitamine, Mineralstoffe, Aroma-, Duft-, Farb- und Geschmacksstoffe (Jahrgangsstufe 13)
- analytische Verfahren, Nachweisreaktionen: Untersuchung der Qualität von Lebensmitteln (Inhaltsstoffe, Zusatzstoffe, Rückstände) und ihrer Veränderung durch Lagerung, Konservierung, Alterung etc. (Jahrgangsstufe 13)
- Produktionsverfahren zur Herstellung von Lebensmitteln (Jahrgangsstufe 13)
- Gärung und produktionstechnische Anwendungen, z. B. Bierbrauen, Joghurtherstellung, Milchverarbeitung etc. (Jahrgangsstufe 11).

#### Informatik:

- Simulation von dynamischen Systemen (Jahrgangsstufen 11 bis 13), wie von Gleichgewichtsreaktionen, Molekülbewegungen, technischen Prozessen
- qualitative und quantitative Erfassung von Modellversuchen zur Reaktionskinetik (Nernst-Verteilung, Chromatografie etc.)
- Programmierung automatischer Messwertaufzeichnung, z. B. Titration etc.

## **Zusammenarbeit mit den Fächern des gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeldes**

### **Erdkunde:**

- nachwachsende und fossile Rohstoffe als Edukte für chemische Grundstoffe bzw. Industrieprodukte, z. B. im Zusammenhang mit ökologischen Prinzipien und zukunftsfähigen Maßnahmen in Landwirtschaft und Industrielandwirtschaft (Jahrgangsstufen 12, 13)
- Konzentrationsbestimmungen von Stoffen in einem schulnahen Gewässer, z. B. in Zusammenhang mit der Wassernutzung und ihren Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt (Jahrgangsstufe 12)
- analytische Untersuchung von Bodenproben im Kontext der elementaren Bedeutung, die Böden für nachhaltiges Wirtschaften haben (Jahrgangsstufe 12)
- Energiegewinnung und -nutzung durch chemische Prozesse (Jahrgangsstufen 12, 13).

### **Geschichte:**

- chemische Entdeckungen im Kontext ihrer gesellschaftlichen Folgen (Jahrgangsstufen 12 und 13), z. B.
  - Geschichte der Metallgewinnung im Laufe der Jahrhunderte: Die Veränderung der Lebens- und Produktionsweise durch die Entdeckung, Gewinnung und Verwendung von Metallen
  - Erfindung neuer Werkstoffe und ihre wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Folgen, z. B. durch Massenproduktion von Farbstoffen (etwa seit 1880), von Kunststoffen (Celluloid 1869, Bakelit 1910, Kunstharze ab 1928 etc.)
  - Geschichte der Stromerzeugung, ausgehend von der Entdeckung der Elektrizität durch Galvani (1789)
  - Entwicklung und Einsatz chemischer Kampfstoffe – Auswirkungen auf Mensch, Umwelt, Wirtschaft und Politik, Aspekte: Einsatz von Chlorgas (im 1. Weltkrieg), von Phosphor und Napalm
  - Erfindung des Dynamits (1867)
  - Entdeckung bedeutsamer Medikamente (Sulfonamide, Aspirin, Contergan etc.)
  - Einsatz von DDT.

### **Sozialwissenschaften:**

- im Zusammenhang mit dem Thema Ökonomie und Ökologie – ein unüberwindlicher Konflikt? (Jahrgangsstufen 12, 13)
  - Umweltschäden aus biologischer, chemischer und ökonomischer Sicht – Beschreibung und Einordnung von Beispielen (mit Hilfe naturwissenschaftlicher, medizinischer und sozialwissenschaftlicher Verfahren und Methoden) in Bezug auf
    - ♦ Schädigungen der Ökosysteme (chemische Reaktionswege, Stoffkreisläufe, Markt und Marktversagen im ökologischen Bereich etc.)
    - ♦ ökologische Schadensbilanz
    - ♦ Leistungen der analytischen Chemie bei der Messung von kleinsten Stoffportionen
    - ♦ Grenzwerte, Grenzwertdiskussion etc.

- ◆ Konsequenzen für Planung und Entwicklung von neuen, umweltfreundlichen Produktionsverfahren, z. B. dem produktintegrierten Umweltschutz, geschlossenen Produktionskreisläufen (Recycling) etc.
- Endlichkeit der Ressourcen, Bevölkerungsexplosion, globale Umweltrisiken im Zusammenhang mit der Behandlung von Themenfeldern der Jahrgangsstufe 13
  - ◆ Umweltchemie: Wasser, Luft, Boden
  - ◆ Energie: Quellen – Nutzung – Umweltbelastung
  - ◆ nachwachsende Rohstoffe
  - ◆ Naturstoffe und ihre Bedeutung
  - ◆ Nahrungsmittel: Herstellung, Analyse, Struktur und Abbau im Organismus
- Werkserkundungen bzw. Hospitationen in einem chemischen oder pharmazeutischen Betrieb (auch im Rahmen der Berufsorientierung) als Erfahrungsgrundlage für
  - die Erarbeitung technischer Abläufe und Verfahren
  - die sozialwissenschaftliche Analyse der erlebten Alltagswelt (JgSt. 11).

#### Philosophie:

- Chemie und Erkenntnistheorie, z. B. wissenschaftliche Erkenntniswege: – Vergleich zwischen naturwissenschaftlicher und geisteswissenschaftlicher Erkenntnis im Hinblick auf
  - das Prinzip der naturwissenschaftlichen Arbeitsmethode
  - das Verhältnis von Wahrnehmen, Denken und Handeln
  - den Begriff der Wirklichkeit im naturwissenschaftlichen Sinn
  - andere Wirklichkeitsbegriffe (Objektivitätsanspruch)
  - Naturphilosophie und Naturwissenschaft (Jahrgangsstufen 11 bis 13)
- Chemie und Ethik, z. B.
  - die Ambivalenz der Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung am Beispiel des Haber-Bosch-Verfahrens: Die großtechnische Herstellung von Ammoniak als Grundlage sowohl für landwirtschaftliche Ertragssteigerungen (Düngemittel) als auch für Sprengstoffe (Jahrgangsstufe 11)
  - die Verantwortung des Naturwissenschaftlers bei der Anwendung von Forschungsergebnissen (Jahrgangsstufen 12, 13).

### ***Zusammenarbeit mit den Fächern des sprachlich-literarischen-künstlerischen Aufgabenfeldes***

#### Deutsch:

- Untersuchung von Fachsprache, Unterrichts- und Alltagssprache im Chemieunterricht unter semantischen, syntaktischen und pragmatischen Gesichtspunkten, z. B.
  - Unterschiede zwischen chemischer Fachsprache und poetischer Sprache (Metapher)
  - Zustandekommen von verschiedenen Bedeutungsebenen bei der Versprachlichung von Aussagen, Definitionen, Formeln, von fachsprachlichen Begriffen und Modellen im Chemieunterricht.

Englisch:

- Übersetzung und Auswertung wissenschaftlicher Beiträge in der Fachliteratur
- Erstellen von Versuchsanleitungen, Protokollen, Abstracts o. Ä. in englischer Sprache.

### **Zusammenarbeit mit Sport**

- Im Zusammenhang mit dem Problemfeld „Gesundheit – Möglichkeiten und Gefahren“: Chemische und pharmakologische Grundlagen des Dopings (Jahrgangsstufe 13).

### **Zusammenarbeit mit anderen Fächern mit dem Ziel der gemeinsamen Festlegung von Anforderungen an bestimmte Arbeitstechniken, wie z. B.**

- Anfertigung von Literaturrecherchen und Facharbeiten
- Erstellung und Durchführung von Präsentationen
- Methoden der Textanalyse und Quellenarbeit
- Planung, Durchführung und Auswertung quantitativer Experimente (z. B. innerhalb der Naturwissenschaften)
- Informationsbeschaffung, -vermittlung und -darstellung mit Hilfe des Computers (Internet).

## **2.5 Das Fach Chemie in Koppelungskursen**

Nach § 8 Abs. 2 APO-GOST kann die Verpflichtung zur Belegung eines naturwissenschaftlichen Faches auch durch die Koppelung eines von der Jahrgangsstufe 11 bis zur Jahrgangsstufe 13 durchgehend zu belegenden zweistündigen naturwissenschaftlichen Faches und eines weiteren zweistündigen Faches aus dem mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld erfüllt werden.

Für das Fach Chemie bestehen damit folgende Koppelungsmöglichkeiten:

Chemie – Physik

Chemie – Biologie

Chemie – Technik

Chemie – Informatik

Chemie – Ernährungslehre

Im Kapitel 3.3 des Lehrplans Chemie sind die Unterschiede zwischen Grund- und Leistungskursen beschrieben. Als Grundkurse repräsentieren auch die „Koppelungskurse“ das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer grundlegenden wissenschaftspropädeutischen Ausbildung, indem sie

- in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe, Strukturen und Darstellungsformen eines Faches einführen
- wesentliche Arbeitsmethoden des Faches vermitteln, bewusst und erfahrbar machen

- Zusammenhänge im Fach und über dessen Grenzen hinaus in exemplarischer Form erkennbar werden lassen.

Der Unterricht in diesen zweistündigen Kursen ermöglicht in besonderem Maße fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten, da in beiden Fächern dieselbe Lerngruppe vorhanden ist. Von Beginn an ist eine enge Kooperation in der Fächerkombination anzustreben, um die möglichen Synergieeffekte für eine naturwissenschaftliche Grundbildung und für Zusammenhänge zwischen den Fächern und darüber hinaus zu erreichen. Gemeinsame Unterrichtsvorhaben können geplant und durchgeführt werden.

Da die zur Koppelung mit dem Fach Chemie genannten Fächer völlig verschiedene fachliche Inhalte und methodische Zugriffsweisen besitzen, kann sich die Obligatorik für das zweistündige Fach nur auf die Unterrichtsgegenstände, Fachmethoden und Qualifikationen der Chemie beziehen.

Die in Kapitel 2 des Lehrplans aufgeführten Bereiche des Faches und die Leitthemen für die Jahrgangsstufen 11 bis 13 mit ihrer Untergliederung in Themenfelder sind verbindlich. Ebenso bleiben die für die Jahrgangsstufen 11 und 12 als obligatorisch ausgewiesenen Inhalte und Methoden verbindlich. Die aufgeführten fachlichen Qualifikationen sollten angestrebt werden; sie können im Verlauf des Unterrichts der Jahrgangsstufen 13 noch erweitert und vertieft werden. Dadurch wird sichergestellt, dass das Fach Chemie mit seinen spezifischen Fragestellungen, Strukturen und Methoden repräsentiert ist und dass auch im „Koppelungskurs“ mit dem Ende der Jahrgangsstufe 12 ein solides chemisches Basiswissen im Sinne der Wissenschaftspropädeutik erreicht wird. Dieses kann in der Jahrgangsstufe 13 exemplarisch vertieft werden. Hier bieten sich die größten Möglichkeiten für fächerverbindenden Unterricht, da eine Wahlfreiheit in der Behandlung eines Themenfeldes unter Einbeziehung eines Theoriekonzeptes besteht. Die aufgeführten Themenfelder bieten inhaltlich und methodisch viele Möglichkeiten zur Kooperation mit einem anderen Fach; besondere Schwerpunktsetzungen unter Berücksichtigung lokaler oder aktueller Gegebenheiten sind jederzeit möglich.

## 3 Unterrichtsgestaltung/Lernorganisation

### 3.1 Grundsätze der Unterrichtsgestaltung

Es ist Aufgabe des Unterrichts, das im Bildungsauftrag genannte Hauptziel der gymnasialen Oberstufe realisieren zu helfen, auf Studium und Beruf vorzubereiten. Die Unterrichtsorganisation soll dazu beitragen, dass die Schülerinnen und Schüler auf der Grundlage einer vertieften allgemeinen Bildung

- eine wissenschaftspropädeutische Ausbildung erwerben
- und Hilfen zur persönlichen Entfaltung in sozialer Verantwortung erhalten (vgl. Kapitel 1 der Richtlinien: „Aufgaben und Ziele der gymnasialen Oberstufe“).

Wesentliche Bezugspunkte sind die Dimensionen einer wissenschaftspropädeutischen Ausbildung, die in den Richtlinien mit

- dem Erwerb wissenschaftspropädeutischen Grundlagenwissens
  - der Entwicklung von Prinzipien und Formen selbstständigen Arbeitens
  - der Entwicklung von wissenschaftlichen Verhaltensweisen
  - der Ausbildung von Reflexions- und Urteilsfähigkeit
- umschrieben werden.

Der Unterricht ist also so anzulegen, dass diese Ziele erreicht werden können.

Der Chemieunterricht organisiert Lernprozesse in folgenden Bereichen (vgl. Kap. 2.1)

- qualitative und quantitative Erfassung von Stoffen und Reaktionen
- naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch experimentelles Arbeiten
- Anwendung chemischer Erkenntnisse in Alltag und Lebenswelt, Natur und Umwelt, Technik und Industrie
- Anleitung zu selbstständigem und eigenverantwortlichem Arbeiten.

Die diesen Lernprozessen zu Grunde liegenden Prinzipien sind im Kapitel 3 der Richtlinien „Prinzipien des Lernens und Lehrens in der gymnasialen Oberstufe“ beschrieben. Hierbei ist sicherzustellen, dass gut organisierte **fachliche Grundlagen** vermittelt werden. Dazu gehören Theorien, Fakten, Methoden- und Prozesswissen. Fachliches Lernen muss mit Lernen im sinnstiftenden Kontext verbunden werden.

Sinnstiftende Kontexte bilden den verbindlichen Bezugsrahmen für die Erarbeitung fachlicher Inhalte und Methoden. Sie lenken den Blick der Schülerinnen und Schüler auf lebensweltliche Problemzusammenhänge, aus denen unterrichtliche Fragestellungen entwickelt werden. Die Auswahl der Kontexte hängt dabei auch von den Erfahrungen, der Interessenlage und dem Wissen der Lerngruppe ab. Es wird dadurch eher möglich, die Leistungsanforderungen in denk- und motivationspsychologischer Hinsicht abzustufen und eigene Lernwege zu eröffnen. Insbesondere ermöglicht problemorientierter Chemieunterricht auf Grund der Vielfalt von Denk- und Handlungsschritten auch binnendifferenzierende Maßnahmen, die auf das Vorwissen abgestimmt sind und so individuelle Lernfortschritte begünstigen.

Die **Aufgabenstellungen** sind für den Chemieunterricht so auszuwählen, dass sie Schülerinnen und Schülern befähigen, über geeignete Arbeitsformen chemisches Wissen an Beispielen und an für das Fach relevanten Problemen zu erwerben. Mit zunehmender wissenschaftspropädeutischer Ausbildung können allerdings auch innerfachliche Problemzusammenhänge (Modelle, Gesetze, Theorien) die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler fesseln, besonders dann, wenn ihr Anwendungscharakter transparent wird.

Der so erworbene Wissensbestand muss aktivierbar und wiederverwertbar sein sowie weiterentwickelt werden. Deswegen muss der Unterricht immer wieder so arrangiert werden, dass Schülerinnen und Schüler in variierenden Sachzusammenhängen die situativ erworbenen Kenntnisse wiederholen, reorganisieren und konsolidieren können. Ziel dabei ist der langfristig und kumulativ erworbene Wissenserwerb, d.h., Schülerinnen und Schüler sollen befähigt werden, fachlich-systematisches Wissen in einen neuen Kontext zu stellen. Aufgabe des Lehrenden ist es, immer neue sinnstiftende Kontexte zu schaffen, in denen eine Balance zwischen linearem und vernetztem Wissen hergestellt wird.

Komplexe Aufgabenstellungen legen in der Regel eine arbeitsteilige und partner- bzw. gruppenbezogene Zusammenarbeit nahe. **Kooperative Arbeitsformen** leiten dazu an, eigene Lernerfahrungen und -ergebnisse mit denen anderer zu vergleichen, zu erörtern und zu verbessern. Insbesondere in experimentellen Unterrichtsphasen erwerben die Schülerinnen und Schüler über das Fachliche hinaus soziale und kommunikative Kompetenzen.

Zur Steigerung des Lernerfolgs der Schülerinnen und Schüler ist es sinnvoll, dass sie Gelegenheit erhalten, Unterrichtsergebnisse zu präsentieren und an andere zu vermitteln.

Unter dem Gesichtspunkt des lebenslangen Weiterlernens und der Anpassung von Wissen wird die Fähigkeit, **Lernprozesse selbstständig zu organisieren**, zu einer Schlüsselkompetenz. Durch Reflexion der Arbeitsmethoden können Lernen und Erkenntniserwerb selbst zum Lerngegenstand werden. Arbeitsformen, die innerhalb und außerhalb des Unterrichts zu einer stärkeren Eigenverantwortung im Lernprozess führen, müssen selbstverständlicher Bestandteil der Unterrichtsplanung sein.

Zusammengefasst soll sich die Unterrichtsorganisation daran ausrichten, dass

- die individuelle Schülerpersönlichkeit mit ihren Vorerfahrungen, Möglichkeiten und Leistungsdispositionen im Blick ist
- Schülerinnen und Schüler aktiv lernen
- Schülerinnen und Schüler kooperativ lernen
- Vorwissen abgesichert, aufgegriffen und Lernfortschritt ermöglicht wird
- die Aufgabenstellungen komplex sind
- die Aufgabenstellungen auch auf Anwendung und Transfer ausgerichtet sind.

Fachliche Systematik, verbunden mit dialogischen, problembezogenen und fachübergreifenden Lernarrangements, sind die inhaltlichen Bezugspunkte für die Lern-

organisation (vgl. Kapitel 3 „Prinzipien des Lernens und Lehrens in der gymnasialen Oberstufe“).

## 3.2 Gestaltung der Lernprozesse

Der Unterricht folgt einer Gesamtplanung, die schüler-, gegenstands- und methodenorientiert ist. Eine zu enge Steuerung des Lernprozesses ist ebenso zu vermeiden wie eine unstrukturierte Offenheit.

*Schülerorientierung* bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, im Unterricht an ihren eigenen Erfahrungs- und Lernstand anzuschließen und dem Leitbild des aktiven und selbstständigen Arbeitens zu folgen.

*Gegenstandsorientierung* bedeutet, dass die vorgesehenen Unterrichtsinhalte in einem breiten Wissens- und Anwendungsbereich (vgl. Bereiche des Faches) in einer über die drei Jahre der gymnasialen Oberstufe laufenden Sequenz aufgebaut werden, dass Wissenszuwachs entsteht und vernetztes Wissen möglich wird.

*Methodenorientierung* bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler sich im Medium der Unterrichtsinhalte die geforderten fachlichen und fachübergreifenden Methoden und die notwendigen Arbeitshaltungen und -dispositionen aneignen.

Der Begriff *Unterrichtsmethode* umfasst die Summe der Unterrichtsschritte, Arbeitsformen, Lehr- und Lernformen, mit deren Hilfe der Unterricht strukturiert wird. Die Unterrichtsmethoden und -organisationsformen sollen durch die in Kapitel 3.1 dargestellten Grundsätze geprägt sein.

Nachfolgend werden die Verknüpfung von Zielen, Inhalten und Unterrichtsmethoden, d.h. die Lernarrangements beschrieben, die geeignet sind, dem Leitbild des aktiven und selbstständigen Lernens zu dienen und eine Vernetzung des Wissens zu ermöglichen. Die Formen eigenverantwortlichen Lernens und Arbeitens, die die Schülerinnen und Schüler aktiv tätig sein lassen, sind hier von besonderer Bedeutung. Auf gängige Unterrichtsmethoden (z. B. Lehrervortrag, Unterrichtsgespräch etc.), die nach wie vor ihren Stellenwert haben, wird hier nicht eingegangen.

### 3.2.1 Kriterien für die Auswahl von Unterrichtsinhalten

Der Unterricht in den Jahrgangsstufen 11 bis 13 wird sequenziell aufgebaut. Die fachlichen, fachübergreifenden und methodischen Ziele des Faches sollen am Ende der Jahrgangsstufe 13 erreicht sein.

Folgende Kriterien können bei der Inhaltsauswahl hilfreich sein:

- Der Aufbau der fachlichen Inhalte darf nicht zu einer Stoffhäufung führen. Es gilt das Prinzip des Exemplarischen, das sich auf wesentliche, repräsentative und bedeutsame Fachinhalte bezieht, die geeignet sind, übertragbare Kenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln.

- Die Auswahl der Unterrichtsinhalte soll so erfolgen, dass Vorwissen aktiviert werden kann und Anwendungsbezüge hergestellt werden. Eine Lernprogression muss deutlich werden.
- Die ausgewählten Inhalte sollen in fachlicher und fachübergreifender Hinsicht methodisch selbstständiges Arbeiten ermöglichen und entsprechende Kompetenzen progressiv aufbauen und sichern.

Bei der als Einheit konzipierten **Jahrgangsstufe 11** ermöglichen die ausgewählten Inhalte in besonderer Weise, die Gelenkfunktion der Jahrgangsstufe zu erfüllen. In den Unterrichtsreihen zu den drei obligatorischen Themenfeldern ist auch im Sinne einer Sequenzialität jeweils vorgesehen, fachliche Kenntnisse und Fähigkeiten aus der Sekundarstufe I aufzugreifen und um grundlegende Begriffe, Methoden und Formen des selbstständigen Arbeitens zu erweitern, sodass eine gemeinsame Grundlage für die Arbeit in der Qualifikationsphase geschaffen wird. Bei der Behandlung des chemischen Gleichgewichtes gewinnen die Schülerinnen und Schüler ein vertieftes Verständnis vom Ablauf chemischer Reaktionen. Sie erfahren durch experimentelle Untersuchungen, dass chemische Reaktionen prinzipiell umkehrbar sind und Möglichkeiten der gezielten Beeinflussung sowohl bei technischen Prozessen als auch bei natürlichen Abläufen bestehen. Bei der Planung, Durchführung und Auswertung geeigneter Experimente erwerben sie Fähigkeiten und Fertigkeiten im selbstständigen und kooperativen Arbeiten. Sie lernen, dass zur Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellungen z. B. die Anwendung des in der Sekundarstufe I eingeführten Stoffmengenbegriffs und darüber hinaus nun eine Erweiterung bezüglich der Stoffmengenkonzentration erforderlich ist. Zur Deutung der beobachteten Phänomene können sie auf ein einfaches Atom- und Bindungsmodell zurückgreifen, das jedoch zur Erklärung des dynamischen Charakters des chemischen Gleichgewichtes und zum Verständnis der Steuerungsmöglichkeiten nicht geeignet ist. Die Einführung und Anwendung eines einfachen Stoßmodells zur Deutung von Vorgängen im Diskontinuum führt zu einer Erweiterung bisher kennen gelernter Denk- und Anschauungsmodelle. Dadurch erfahren sie auch die Anforderungen, die das Fach an ihr Abstraktionsvermögen stellt. Dieses wird in der Qualifikationsphase an komplexeren Sachverhalten weiter geschult.

Die Verbindung zwischen Theorie und Praxis wird schon in der Formulierung des Leitthemas deutlich. Fachübergreifende Inhalte sind somit impliziert, und die Schülerinnen und Schüler können bei der Bearbeitung der Unterrichtsreihen die Bedeutung chemischer Vorgänge sowohl in der Natur als auch in der Technik erschließen. Die unterschiedlichen Verknüpfungsmöglichkeiten der Themenfelder schaffen die notwendige Flexibilität für fächerverbindendes Arbeiten, z. B. im Rahmen von Projekttagen, in denen auch in besondere Formen des selbstständigen Lernens und Arbeitens eingeführt werden kann. So können sie z. B. im Themenfeld „Stoffkreislauf in Natur und Umwelt“ durch die Erarbeitung und Präsentation kurzer Referate auch geographische und/oder biologische Aspekte eines Themas beleuchten. Ein solches Vorgehen verdeutlicht ihnen die unterschiedlichen fachspezifischen Betrachtungsweisen eines komplexeren Sachverhaltes.

Durch die Behandlung der drei Themenfelder mit ihren unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen, den vielfältigen fachübergreifenden und fächerverbindenden In-

halten und den angewandten Methoden gewinnen die Schülerinnen und Schüler einen tieferen Einblick in die Wissensstrukturen, Denk- und Arbeitsweisen des Faches Chemie und die Verbindungen zu anderen Fächern. Das trägt auch zu ihrer Befähigung bei, begründet Kurswahlentscheidungen und Schwerpunktsetzungen für ihren individuellen Bildungsgang zu treffen.

Der dynamische Charakter chemischer Reaktionen, ihr unvollständiger Ablauf in geschlossenen Systemen, die Mathematisierbarkeit des Gleichgewichtszustandes und die Steuerungsmöglichkeiten werden zur durchgängigen Betrachtungsweise des Chemieunterrichts in der Qualifikationsphase. In der **Jahrgangsstufe 12** ermöglicht das Themenfeld „Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie“ die Anbindung der Lernprozesse an die Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler. Die Untersuchung der Rohstoffe, der Zwischen- und Anwendungsprodukte befähigt sie zunehmend, sowohl Beziehungen zwischen Eigenschaften und molekularen Strukturen herzustellen als auch ein Verständnis für verschiedene Reaktionswege zu entwickeln. Dabei wird das Verallgemeinern vom konkreten Stoff zur Stoffgruppe und von seinem Herstellungsverfahren zum Reaktionstyp durch Modellbetrachtungen besonders gefördert. Ökonomische und ökologische Aspekte bei der Produktion und Anwendung der Stoffe bieten vielfältige Möglichkeiten zu Berichten, Referaten und Facharbeiten. Dabei kann der Computer als Medium zur Beschaffung aktueller Informationen benutzt werden.

In den beiden anderen Themenfeldern werden die fächerverbindenden Elemente zur Physik und zur Mathematik besonders deutlich. Im Themenfeld „Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie“ gelangen die Schülerinnen und Schüler bei sorgfältigem Experimentieren zu Ergebnissen, die zu mathematischen Beziehungen führen und grundlegende Gesetze und Theorien plausibel erscheinen lassen. Hier können sie den wissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung in Ausschnitten nachvollziehen und Anwendungsmöglichkeiten selbst experimentell überprüfen. Außerdem bieten beide Themenfelder mit ihren Inhalten unmittelbare Lebens- und Umweltbezüge mit großer Zukunftsrelevanz. So können sie im Bereich der Batterien und Akkumulatoren nach Erarbeitung der Grundprinzipien aktuelle Entwicklungen und Forschungsziele in ihrer Tragweite erfassen und sich auch in fachübergreifender Weise verständlich mit Problemen der Energieversorgung in Vergangenheit und Zukunft, z. B. im Rahmen von Facharbeiten, auseinandersetzen. Im Themenfeld „Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung“ bieten sich als anwendungsbezogene Bereiche Gewässer- und Bodenuntersuchungen vor Ort an. Auch hier können die Schülerinnen und Schüler Arbeitsschritte selbstständig planen, verschiedene Schwerpunkte setzen und ihre Ergebnisse mit Werten amtlicher Untersuchungen vergleichen und darstellen. Dabei können sie z. B. die begrenzte Aussagekraft chemischer Untersuchungsverfahren zur Gewässergüte erkennen und die Notwendigkeit des Einsatzes interdisziplinärer Verfahren zur Erfassung und Beurteilung komplexer Umweltprobleme erfahren.

In der **Jahrgangsstufe 13** können innerhalb der Schule und auch der Kurse unter Beachtung der drei Bereiche des Faches individuelle Schwerpunkte gesetzt werden, in denen die Erarbeitung **mindestens eines** Theoriekonzeptes verbindlich ist.

Im Leitthema „Chemische Forschung – Erkenntnisse, Entwicklungen und Produkte“ wird besonders die Verbindung von Theorie und Praxis, von Forschung und Anwendung betont. Eine verstärkte Wissenschaftsorientierung mit dem Blick auf aktuelle Ergebnisse und Problemstellungen korrespondiert mit den weiter entwickelten Fähigkeiten der Lernenden, Fragestellungen selbstständig zu formulieren, einzeln oder auch im Team unter Anwendung verschiedener Fachmethoden zielgerichtet zu bearbeiten und die Ergebnisse in einer angemessenen schriftlichen, ergänzend oder alternativ auch in einer mündlichen Form zu präsentieren. Die Komplexität der Themen erlaubt vielfach unterschiedliche fachliche Zugriffsweisen, sodass durch Methodenreflexion die Möglichkeiten und Grenzen der angewandten Verfahren und die Probleme der Übertragbarkeit von Erkenntnissen deutlich werden.

Neben der Förderung dieser Qualifikationen ist besonders gegen Ende der Jahrgangsstufe 13 eine geplante immanente Wiederholung im Hinblick auf die Abiturprüfung von besonderer Bedeutung. Dazu können auch Unterrichtsreihen aus verschiedenen Themenfeldern sinnvoll miteinander kombiniert werden. Eine Systematisierung und Vernetzung der erworbenen fachlichen Kenntnisse und Fähigkeiten aus den einzelnen Unterrichtsreihen kann dabei in neuen Zusammenhängen erfolgen. Durch diese Vergegenwärtigung prüfungsrelevanter Inhalte und Methoden wird eine angemessene Vorbereitung auf die Prüfungssituation sichergestellt.

### 3.2.2 Formen und Verfahren fachspezifischen Arbeitens

#### Wege der Erkenntnisgewinnung

Wegen der großen Bedeutung für alle naturwissenschaftlichen Fächer und damit auch für den Chemieunterricht soll zu Beginn auf das Verfahren der **naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung** besonders eingegangen werden. Schülerinnen und Schüler in der gymnasialen Oberstufe müssen erfahren, dass dieser Weg untrennbar mit dem Experiment verknüpft ist. Dieses Lernarrangement wird auch als **empirisch-induktives Verfahren** bezeichnet.

Die Schülerinnen und Schüler durchlaufen dabei folgende Erkenntnisschritte:

- Aufsuchen und Finden von Einzel Tatsachen (aus Beobachtungen)
- Abstrahieren und Verallgemeinern (Induktion im Sinne der Logik)
- Hypothesenbildung (Die Hypothese wird weder induktiv noch deduktiv, sondern spekulativ gefunden.)
- deduktive Ableitung von Folgerungen aus den Hypothesen
- Verifikation oder Falsifikation der Folgerungen durch die Erfahrung oder das Experiment. Dabei kann jeweils nur die einzelne Folgerung aus der Hypothese verifiziert oder falsifiziert werden. Wird eine Folgerung verifiziert, dann kann die Hypothese erhärtet werden. Bei einer Falsifikation ist die Hypothese falsch. Sie muss variiert oder sogar verworfen werden.

Bei diesem Verfahren gehen die Lernenden nicht nur induktiv vor. Die Deduktion und andere gedankliche Schritte spielen dabei eine ebenso wichtige Rolle. Deshalb wird das oben beschriebene empirisch-induktive Verfahren von manchen

Vertretern der Wissenschaftstheorie auch als hypothetisch-deduktives Verfahren bezeichnet. Auf jeden Fall macht die oben beschriebene Schrittfolge die enge Verzahnung von Experiment und den gedanklichen Schritten bei der Erkenntnisgewinnung deutlich.

Wird dieser Gedankengang im Chemieunterricht verfolgt, so setzt er bei Schülerinnen und Schülern Denk- und Lernprozesse in Gang, die sie zu aktiver Mitarbeit herausfordern. Die Lernenden stellen Einzeltatsachen heraus, formulieren Verallgemeinerungen und Hypothesen, ziehen Folgerungen daraus und finden Wege zu deren experimenteller Überprüfung. Schülerinnen und Schüler werden so zunehmend befähigt, selbstständig naturwissenschaftliche Problemstellungen zu erkennen und zu beschreiben, diese zu analysieren und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln zu bearbeiten. Sie gewinnen so ein dynamisches Bild von der Wissenschaft, erfahren, dass unsere Erkenntnisse nicht endgültig sind, und bekommen ein besseres Verständnis für die Genese der Naturwissenschaft. Damit liefert der Chemieunterricht einen wesentlichen Beitrag zur **wissenschaftspropädeutischen Ausbildung** und zur Erlangung der **allgemeinen Studierfähigkeit**.

Das **forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren** dient dem Ziel, die zentrale Stellung des Experiments im Erkenntnis- und Lernprozess naturwissenschaftlichen Unterrichts bewusst zu machen. Dieses Verfahren geht über die eigentliche Erkenntnisgewinnung hinaus und liefert eine Struktur für die Planung und Gestaltung problemorientierten, experimentellen Unterrichts. Dabei muss der Begriff „forschend“ so verstanden werden, dass Schülerinnen und Schüler auf Grund ihres Vorwissens und mit den zur Verfügung stehenden experimentellen Mitteln weitgehend selbstständig Probleme bearbeiten und neue Erkenntnisse zu gewinnen suchen. Der Begriff „entwickeln“ soll deutlich machen, dass der Lehrer oder die Lehrerin diesen „Forschungsprozess“ durch geeignete methodische und organisatorische Maßnahmen einleiten, weiterführen und steuern muss. Die Struktur dieses Verfahrens ist geeignet, problemorientiertes Vorgehen nicht nur im Fach Chemie, sondern auch in anderen Fächern sinnvoll zu strukturieren und den einzelnen Abschnitten des Unterrichts erkennbare didaktische Funktionen zuzuweisen.

Dieses Unterrichtsverfahren gliedert sich folgendermaßen:

1. Problemgewinnung
2. Überlegungen zur Problemlösung
3. Durchführung eines Lösungsvorschlags
4. Abstraktion der Erkenntnisse
5. Wissenssicherung.

In der Literatur werden verschiedene weitere Ansätze für naturwissenschaftliche Curricula diskutiert. Diese berufen sich einerseits auf unterschiedliche Zielsetzungen, andererseits auf unterschiedliche Meinungen über pädagogische Lehrverfahren. Je nach Schwerpunkt in der Zielsetzung und der jeweils zu behandelnden Thematik kann und muss der Chemieunterricht anders konzipiert werden.

## Das Experiment im Unterricht

Eine große Bedeutung kommt dem Experimentieren im Chemieunterricht zu. Zum einen wird den Schülerinnen und Schülern eine unmittelbare Begegnung mit Stoffen und Stoffumwandlungen ermöglicht, zum anderen kennzeichnet es die Chemie als empirische Wissenschaft. Je nach Intention wird das Experiment zu Beginn einer Unterrichtsstunde (z. B. zur Vorstellung eines Phänomens oder zur Motivation) oder im Verlauf der Unterrichtsstunde (z. B. zur Überprüfung einer Hypothese) eingesetzt.

Eine sinnvolle Möglichkeit, Unterrichtsstunden bzw. Unterrichtseinheiten mit einer zentralen Stellung des Experiments zu gliedern, ist die folgende:

- Problemstellung (Herausarbeiten der Versuchsfrage)
- Planung des Experiments (theoretisch und praktisch)
- Versuchsaufbau
- Versuchsdurchführung
- Versuchsbeobachtungen
- Deutung der Versuchsbeobachtungen
- Fehlerdiskussion
- Rückbesinnung auf die Problemstellung und Verallgemeinerung
- Anwendung, Wiederholung, Sicherung.

In einer Schlussbetrachtung sollte die Ausgangsfrage, die zum Experiment führt, beantwortet werden. Schülerinnen und Schüler gewinnen so vertiefte Einblicke in die Vorgehensweise und lernen vor allem, die eingesetzten Methoden zu reflektieren.

Die Einsatzmöglichkeiten für Experimente im Chemieunterricht sind sehr vielseitig. Neben dem Einsatz zur Erkenntnisgewinnung (siehe oben) seien einige weitere hier aufgezeigt:

Experimente können

- der Untersuchung von Stoffen und Anwendungsprodukten aus Lebenswelt und Alltag dienen
- technische Prozesse simulieren
- Unterrichtsergebnisse veranschaulichen und verdeutlichen
- Unterrichtsergebnisse festigen, sichern und überprüfen
- das Erlernen experimenteller Fertigkeiten ermöglichen
- die Notwendigkeit zur Einhaltung von Sicherheitsvorschriften deutlich machen
- die Schülerinnen und Schüler motivieren
- Kreativität, Kooperations- und Teamfähigkeit fördern
- angemessenes Sozialverhalten der Schülerinnen und Schüler einüben.

Die Durchführung der Experimente kann erfolgen als

- Leherdemonstrationsexperiment
- Schülerdemonstrationsexperiment
- Schülerexperiment.

Je nach Unterrichtsgestaltung werden **Schülerexperimente** in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit entweder arbeitsgleich oder auch arbeitsteilig erfolgen. Das wichtige didaktische Prinzip der Eigentätigkeit kann nur durch möglichst häufigen Einsatz von Schülerexperimenten umgesetzt und verwirklicht werden. Dadurch lernen die Schülerinnen und Schüler grundlegende chemische Arbeitsweisen, Verfahren und Experimentiertechniken kennen und anwenden. Da Experimentieren streng an die Einhaltung von Sicherheitsvorschriften gebunden ist, erwerben sie weiterhin Kenntnisse und Fähigkeiten zur Einschätzung der Gesundheits- und Umweltrisiken gefährlicher Stoffe. Durch sicherheitsbewusstes Umgehen mit ihnen erfahren sie zudem, wie man eventuelle Gefahren minimieren kann. Dies ist ein wichtiger Beitrag des Chemieunterrichts zur Umwelt- und Sicherheitserziehung.

Für den experimentellen Unterricht in der gymnasialen Oberstufe ist es unerlässlich, dass Schülerinnen und Schüler **Versuchsprotokolle** anfertigen. Umfang und Ausführlichkeit von Versuchsprotokollen können jedoch sehr unterschiedlich sein. Je nach Versuch und Fragestellung kann ein Kurzprotokoll (z. B. bei einem einfachen Demonstrationsversuch) ebenso sinnvoll sein wie die ausführliche Beschreibung und Auswertung einer aufwändigen quantitativen Untersuchungsreihe (siehe auch im gleichen Kapitel „Protokoll“ sowie im Kapitel 4.3.2 „Versuchsvorbereitung, Versuchsdurchführung, Versuchsprotokoll“).

## Modellvorstellungen im Chemieunterricht

Unter einem **Modell** versteht man im wissenschaftlichen Bereich ganz allgemein eine Abbildung der Realität, die der Erkenntnisgewinnung dient. Dabei kann die erstellte Abbildung sowohl ein theoretisches als auch ein konkret anschauliches Gebilde sein. Im ersten Fall spricht man von einem Denkmodell, im zweiten von einem Anschauungsmodell oder Sachmodell.

Folgende Gesichtspunkte treffen im Wesentlichen für alle Modelle zu:

- Modelle sind nicht die Realität, sondern nur Abbildungen derselben (Abbildungsmerkmal).
- Modelle beschreiben nicht die Realität in vollem Umfang, sondern nur Teile von ihr (Verkürzungsmerkmal).
- Mit der Erstellung eines Modells verfolgt der Betrachter der Realität einen bestimmten Zweck, in der Regel den, Aussagen über Teilbereiche der Realität zu gewinnen (Subjektivierungsmerkmal). Dabei bedingen sich die Auswahl der Teilaspekte der Realität, die in das Modell eingehen, und der Zweck des Modells gegenseitig.

Es ist nötig, dass Schülerinnen und Schüler die folgenden Ebenen zu unterscheiden lernen:

- Die Ebene der **Realität** ist das, was wir beobachten. Wir ordnen das Beobachtete dem Kontinuum zu.
- Zur Ebene der **Denkmodelle** gehört z. B. die Vorstellung vom Aufbau der Stoffe aus Teilchen (siehe unten). Dieses abstrakte Modell erhalten wir, wenn wir be-

stimmte Informationen für wichtig, andere für unwichtig erachten. Auf Grund der Komplexitätsreduktion bietet dieses Modell Vorteile gegenüber der Realität.

- Die Denkmodelle ihrerseits werden häufig veranschaulicht: Es entstehen **Anschauungsmodelle** oder Sachmodelle. Diese haben somit eine eigene Realität, dürfen aber nicht mit dem Original verwechselt werden.

Die Modelle im Chemieunterricht sollten in erster Linie zur Deutung von Phänomenen herangezogen werden. Der umgekehrte Weg, nämlich Phänomene aus den Modellen abzuleiten und vorherzusagen, ist z. B. dann sinnvoll, wenn man die Leistungsfähigkeit eines Modells überprüfen und aufzeigen möchte, in welcher Weise **Modell und Realität** zueinander in Beziehung stehen. Es ist sehr wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler zwischen Modell und Realität, zwischen Phänomen und modellhafter Deutung sicher unterscheiden lernen. Nur so erfahren sie, dass es keine richtigen oder falschen Modelle gibt, sondern dass sie zur Deutung bestimmter Phänomene lediglich mehr oder weniger gut geeignet sind.

Besondere Bedeutung für die Chemie hat die **Modellvorstellung vom diskontinuierlichen Aufbau der Materie**, d.h. dem Aufbau der Stoffe aus Teilchen. Dieser Bereich, der auch Diskontinuum genannt wird, entzieht sich unserer Beobachtung. Der beobachtbare Bereich erscheint uns demgegenüber kontinuierlich aufgebaut und wird auch als **Kontinuum** bezeichnet.

Der Prozess der analogen Übertragung und Schlussfolgerung vom Kontinuum zum Diskontinuum und umgekehrt ist typisch für das Vorgehen im Fach Chemie. Aus Beobachtungen im Kontinuum werden Hypothesen und Aussagen über Vorgänge im Diskontinuum hergeleitet. Dies geschieht jedoch im Allgemeinen auf Grund von Analogien, die nur für das Kontinuum gelten, aber nicht ohne weiteres für das Diskontinuum. Dies ist eine prinzipielle Schwierigkeit: Im Kontinuum werden Stoffeigenschaften und Stoffumwandlungen beobachtet, im Diskontinuum jedoch werden Teilchen und deren Beziehungen zueinander diskutiert und betrachtet. Diese Teilchen sind jedoch lediglich Denkmodelle, die ihrerseits wieder durch Zeichnungen, Abbildungen, räumliche Darstellungen und Sachmodelle veranschaulicht werden.

Die **Stoffeigenschaften** werden anhand der die Stoffe aufbauenden Atome bzw. Moleküle gedeutet; dabei ist es aber unzulässig, dem einzelnen Teilchen die Eigenschaft des Stoffes selbst zuzuschreiben. Erst ein Kollektiv von Teilchen, ein Teilchenaggregat, hat die Eigenschaft einer Stoffportion. Dies ist bei der Deutung der Eigenschaften eines Stoffes genau auseinander zu halten. So spricht man z. B. „von Konstitution und Farbe“ und begründet die Farbigkeit eines Farbstoffes mit der Wechselwirkung des Lichtes mit einzelnen Farbstoffmolekülen. Die Eigenschaft des Moleküls ist die Fähigkeit, Lichtenergie zu absorbieren. Das bedeutet aber nicht, dass das einzelne Farbstoffmolekül farbig ist. Die Farbigkeit ist die Eigenschaft der Stoffportion.

Im Kontinuum erkennt man **chemische Reaktionen** an der Änderung der Stoffeigenschaften und an Energieumwandlungen. Im Diskontinuum werden chemische Reaktionen als Vorgänge beschrieben, bei denen Bindungen zwischen Atomen

oder Atomgruppen gespalten bzw. geknüpft werden. Die Änderung der Stoffeigenschaften wird auf die Bildung neuer Teilcheneinheiten, die Energieeffekte werden auf die Bildung und Spaltung von Bindungen zurückgeführt. Dies ist unabhängig davon, welches Teilchenmodell bzw. Bindungsmodell eingesetzt wird.

Für den Unterricht ist Folgendes zu empfehlen:

- Es sollte das einfachste Modell gewählt werden, das den jeweiligen Anforderungen im Chemieunterricht entspricht.
- Es ist sinnvoll, ein Modell mit den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten. Wird es einfach als gegeben gesetzt, bekommt das Modell zu leicht den Charakter und Stellenwert eines Sachverhalts, dem sich die Phänomene entsprechend unterzuordnen haben. Dieser Bezug wäre jedoch falsch, denn das Modell ist abhängig vom Phänomen und nicht umgekehrt. Es ist notwendig, dass die Schülerinnen und Schüler im Verlauf des Unterrichts auf Grund neuer Phänomene und Fakten Modellvorstellungen variieren müssen oder sogar neue Modelle kennen lernen. Nur so erfahren sie die Modellhaftigkeit und Vorläufigkeit unserer Vorstellungen über die Welt der Stoffe und damit der Natur.

## Medien im Chemieunterricht

Wie bereits mehrfach dargelegt, ist das **Experiment** das die Lernprozesse im Wesentlichen tragende, typische Medium des Chemieunterrichts. Nun sind aber nicht alle Experimente, die für den Fortgang des Unterrichts wichtig wären, in der Schule problemlos durchführbar. Etliche können aus Sicherheits- oder Kostengründen nur mit kleinen Stoffportionen durchgeführt werden. In manchen Fällen kann man sich sehr leicht helfen, indem man die Reaktion in einem Gefäß auf dem **Overheadprojektor** ablaufen lässt. In anderen Fällen, vor allem dann, wenn unter dem Abzug gearbeitet werden muss, bietet sich die Verwendung einer **Halbmikroapparatur** in Verbindung mit einer **Schwanenhalskamera** an, die die Vorgänge in dem kleinen Reaktionsgefäß auf einen Videobildschirm überträgt und so allen Schülerinnen und Schülern zugänglich macht. Auch auf Experimente, die in der Schule gar nicht durchführbar sind, muss nicht ersatzlos verzichtet werden. Es gibt eine Reihe von **Filmen** bzw. **Videos** und **Foliensätzen**, die in diesen Fällen die Durchführung ersetzen können. Wichtig beim Einsatz eines solchen Filmes ist es, dass auch hier – wie bei einem normalen Experiment – die Problemfrage vorab mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet und die Auswertung möglichst von ihnen selbst vorgenommen und nicht durch den Film vorgegeben werden sollte.

Der Umgang mit dem **Computer** gewinnt in unserer Gesellschaft zunehmend an Bedeutung. Schülerinnen und Schüler sollten daher in möglichst vielen verschiedenen Lernsituationen mit ihm vertraut gemacht werden. Im Chemieunterricht kann der Computer verschiedene Funktionen übernehmen. Einige davon sollen hier kurz vorgestellt werden. Im Zusammenhang mit der Durchführung von Versuchen setzt man ihn vor allem dann sinnvoll ein, wenn es um die Aufnahme von quantitativen Messreihen geht. Er kann dabei nicht nur zur Messwerterfassung und für die algebraische und graphische Auswertung der Ergebnisse, sondern auch zur Simulation weiterer Messreihen mit geänderten Parametern dienen. Damit eröffnet sich

ein schneller Weg, um die Basis der experimentellen Daten zu erweitern, bevor diese zur Verallgemeinerung oder Hypothesenbildung herangezogen werden.

Mit zunehmender Selbsttätigkeit müssen die Schülerinnen und Schüler wesentliche Aufgaben bei der **Informationsbeschaffung** übernehmen. Auch hier kann der Computer über den Zugriff auf Datenbanken und auf das **Internet** weiterhelfen. Wichtig ist es, dass die Lernenden nicht nur den entsprechenden Umgang mit dem Gerät erlernen, sondern dass sie auch in die Lage versetzt werden, die verfügbare Datenfülle zu sichten und das Material kritisch zu bewerten. Neben der Verwendung moderner Informationsmedien müssen Schülerinnen und Schüler im sachgerechten Umgang mit **Fachliteratur**, Tabellenwerken, Experimentierhandbüchern und der Gefahrstoffverordnung geschult werden.

Im Sinne eines Lernens im Kontext (vgl. Kapitel 2.1) sollte nicht nur in der Jahrgangsstufe 11 bei der Besprechung des technischen Prozesses, sondern so häufig wie möglich auch die großtechnische Umsetzung der im Laborversuch vorgestellten Reaktionen thematisiert werden. Um die Schülerinnen und Schüler damit vertraut zu machen, bieten sich neben den bereits angesprochenen Betriebsbesichtigungen **Filme** (Videos) und **Folien zur OH-Projektion** (z. B. von Fließschemata großtechnischer Anlagen) an. Auch hier kann der Computer eingesetzt werden. Es gibt eine Reihe von Programmen, mit deren Hilfe die **Simulation** großtechnischer Prozesse, wie zum Beispiel der Ammoniaksynthese, ermöglicht wird. So können Schülerinnen und Schüler herausfinden, inwieweit die Veränderung eines Parameters Auswirkungen auf den Prozessverlauf hat. Sie erhalten die Gelegenheit, ihre Hypothese sofort zu überprüfen. Im Sinne der Selbsttätigkeit sollten Schülerinnen und Schüler sich zu entsprechenden Themen auch das von Seiten der chemischen Industrie zur Verfügung gestellte Informationsmaterial beschaffen. Lernen im Kontext bedeutet darüber hinaus, dass auch Beiträge zu chemischen Themen in den Medien, also vor allem in der **Presse** und im **Fernsehen**, im Unterricht behandelt werden. Ein sehr wichtiges Ziel bei der Auseinandersetzung mit Informationen von Seiten der chemischen Industrie und der Medien besteht darin, dass die Schülerinnen und Schüler lernen, die Darstellungen vor dem Hintergrund ihres Wissens zu analysieren. Hierbei können die sachliche Richtigkeit, die Art der Darstellung, die Wahl der verwendeten Modelle, versteckte Intentionen u. Ä. in den Blick genommen werden. Chemieunterricht, der Schülerinnen und Schüler befähigt, sich auf vielfältigen Wegen Informationen zu beschaffen, diese mit Hilfe ihrer Kenntnisse zu prüfen und angemessen umzusetzen, vermittelt wesentliche Fertigkeiten zum selbstständigen Arbeiten (vgl. Kapitel 2.1) und versetzt sie so zunehmend in die Lage, das Unterrichtsgeschehen aktiv zu gestalten. Auf diese Weise wird sowohl ein Beitrag für die Erziehung zu mündigen Bürgerinnen und Bürgern als auch zur Erlangung der allgemeinen Studierfähigkeit geleistet.

## **Fachsprache**

Der Fortschritt der Wissenschaft ist vor allem der Tatsache zu verdanken, dass Ergebnisse der Forschung weltweit ausgetauscht und weitergegeben werden. Das setzt einen weit gehenden Konsens über Begriffe, Definitionen und Symbole unter

den Fachleuten voraus. Da die Chemie die Eigenschaften der Stoffe und den Verlauf von Stoffumwandlungen nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ beschreibt, ist über das bereits Gesagte hinaus eine Einigung über die Darstellung und Beschreibung der messbaren Eigenschaften von Stoffen und Erscheinungen nötig. Diese messbaren Eigenschaften werden als Größen bezeichnet, für die es eine weltweite Normierung gibt. Es ist daher unerlässlich, dass die Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht die Begriffe und Symbole der Chemiker und die SI-Einheiten kennen lernen und diese in einer fachlichen Darstellung anwenden können. Dies kann man nur erreichen, wenn der Einübung der fachspezifischen Darstellungsweise genügend Raum gegeben wird.

Die Vermittlung von Fachkenntnissen und das Einüben von fachspezifischen Methoden im Chemieunterricht müssen von einer korrekten **Fachsprache** begleitet werden. Das Einüben dieser Fachsprache durch die Schülerinnen und Schüler schließt eine Weiterentwicklung ihrer allgemeinen Sprachkompetenz mit ein. Bei der Beschreibung eines Sachverhalts und der Gliederung einer fachspezifischen Abhandlung werden Fähigkeiten verlangt, die auch in anderen Fächern, z. B. im Deutschunterricht, gelernt und geübt werden. Zusätzlich erwerben die Schülerinnen und Schüler jedoch weitere Kompetenzen, z. B. die Fähigkeit, komplizierte theoretische Erkenntnisse sprachlich zu verdeutlichen und diese strukturiert und konzipiell darzustellen, ein wesentliches Lernziel des Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe.

Nähere Hinweise zur Formelschreibweise und Nomenklatur finden sich im Anhang.

### **Arbeitsformen, die zu selbstständigem Arbeiten anleiten**

Weil Schülerinnen und Schüler zu selbstständigem, lebenslangem Lernen befähigt werden sollen, gewinnt der Prozess des Lernens mit seinen Voraussetzungen und Zielsetzungen große Bedeutung.

**Lernen lernen** muss eine Leitlinie der Unterrichtsgestaltung sein. Lernen lernen zielt darauf ab, die Schülerinnen und Schüler mit den Prinzipien und Formen selbstständigen Lernens vertraut zu machen. Neben den inhaltlich-fachlichen sollen im Chemieunterricht auch soziale und allgemein-methodische Kompetenzen erworben werden, die dazu befähigen, Schritte eines Lernprozesses zunehmend selbstständiger zu durchlaufen. Um selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen zu entwickeln, sollte deswegen in der Oberstufe verstärkt auf Arbeitsformen und Unterrichtsmethoden zurückgegriffen werden, in denen zur Selbstorganisation des Lernens angeleitet wird. Dazu ist den Schülerinnen und Schülern auch innerhalb des Unterrichts Gelegenheit zu geben.

Dieser Kompetenzerwerb, Aufgabenstellungen zu strukturieren und selbstständig zu lösen, vollzieht sich ebenso vielfältig wie individuell verschieden. Deswegen ist es erforderlich, dass Schülerinnen und Schüler möglichst viele Arbeitsformen kennen lernen. So werden sie befähigt, solche Arbeitsformen auszuwählen, die sowohl

ihrem persönlichen Lerntyp gerecht werden als auch der jeweiligen Aufgabenstellung angemessen sind.

Zu den Arbeitsformen, die innerhalb des Chemieunterrichts zu selbstständigem Lernen anleiten, gehören beispielsweise:

### ***Mind Mapping und Clustering***

In Unterrichtsphasen, in denen bereits vorhandenes Wissen bereitgestellt und für den weiteren Lernprozess nutzbar gemacht werden soll, ist das Anlegen einer Mind-Map sinnvoll. Eine solche Gedächtnis-Landkarte akzentuiert in besonderer Weise die netzartige Struktur des eigenen (Vor)wissens und ermöglicht dem Lernenden bzw. einer Lerngruppe, eine dem eigenen Wissen und Denken entsprechende Darstellung zu wählen und sich mit anderen darüber in kompakter Form zu verständigen. Dieser Arbeitsschritt kann sowohl individuell erfolgen als auch in einem Kurs in Form eines Brainstormings oder einer Kartenabfrage. So können Schülerinnen und Schüler z. B. bei der Planung einer neuen Unterrichtssequenz lernen, wie durch Mind-Mapping ein Großthema (z. B. moderne Werkstoffe) aufgefächert und seine (vielfältigen) Bezüge zu den verschiedensten Lebensbereichen hergestellt werden können. Durch Klassifizierung und Hierarchisierung (Clustering) können Einzelaspekte zusammengefasst werden. Diese Cluster bieten Schülerinnen und Schülern Anhaltspunkte für Fragestellungen und Themenformulierungen. Diese werden in Thema und Umfang eingegrenzt und zu Arbeitsaufträgen umgewandelt, die vielfältige planerische Möglichkeiten für eine Unterrichtssequenz offen halten. Auf diese Weise kann ein komplexer Sachverhalt in Einzelaspekte gegliedert und in Arbeitsschritte überführt werden.

### ***Planspiel***

Im Planspiel werden Sachverhalte aus der Wirklichkeit auf grundlegende Argumente und Handlungsstrukturen hin so vereinfacht, dass sie für Schülerinnen und Schüler durchschaubar und nachvollziehbar werden, ohne an Realitätsnähe zu verlieren. Durch die Übernahme definierter Rollen werden gesellschaftliche Entscheidungsprozesse simuliert. Im Chemieunterricht können beispielsweise die gesellschaftliche Relevanz und Ambivalenz einer chemiespezifischen Anwendung (z. B. beim Bau einer chemischen Produktionsanlage) deutlich gemacht werden. So müssen Schülerinnen und Schüler, unter Einbeziehung ihres fachlichen Wissens, Pro- und Contra-Argumente finden, adressatenbezogen formulieren und Überzeugungsstrategien entwickeln. Schülerinnen und Schüler gewinnen so einen aktiven Zugang zu den Vorteilen, die chemiespezifische Anwendungen mit sich bringen, aber auch zu den gesellschaftlichen Konflikten, die bei großtechnischen Vorhaben zuweilen ausgetragen werden müssen. Dies gelingt noch besser, wenn im Unterricht regionale Bezüge zu tatsächlichen Entscheidungsabläufen hergestellt werden können.

### ***Stationenlernen***

Eine Form der experimentellen Gruppenarbeit ist das Stationenlernen. Gezielte Arbeitsaufträge und bereitgestelltes Experimentiermaterial werden zu Stationen angeordnet, die im Übungsraum verteilt sind. An diesen Stationen arbeiten ein-

zelne Schülerinnen oder Schüler bzw. Kleingruppen selbstständig, bis die Versuche durchgeführt und die Ergebnisse ermittelt sind. Die Reihenfolge des Durchgangs und die Verweildauer an den Arbeitsplätzen regeln die Schülerinnen und Schüler weitgehend eigenständig oder werden vom Lehrenden vorgegeben. Erst der Durchgang durch alle Stationen gewährleistet den erwünschten fachlichen Erfolg (Lernzirkel).

Auch im Sinne binnendifferenzierender Maßnahmen können Verlaufsfolgen festgelegt werden oder Hinweise an Lernschwächere wie an Lernstärkere gegeben werden, welche Stationen verbindlich durchlaufen werden müssen und welche evtl. weiterführenden Charakter haben.

Der Aufbau der Lernstationen kann auch durch die Schülerinnen und Schüler selbst erfolgen, indem es den jeweiligen ersten Gruppen zukommt, die Schülerversuche aufzubauen und für die nachfolgenden Gruppen eine detaillierte Versuchsvorschrift mit Bearbeitungsfragen zu entwickeln.

Stationenlernen eignet sich im Unterricht insbesondere dann, wenn vorausgegangene Lernprozesse vertieft werden oder eine Erweiterung nach individuellen Schwerpunkten vorgenommen wird. Beispielsweise kann nach der grundlegenden Behandlung der elektrochemischen Stromerzeugung eine experimentelle Phase angeschlossen werden, in der Schülergruppen selbstständig verschiedene technische Anwendungen (primäre und sekundäre Elemente sowie Brennstoffzellen u.a.m.) experimentell erarbeiten und geeignete Versuche mit Arbeitsmaterial für andere bereitstellen.

### **Gruppenarbeit**

Problemorientierter Chemieunterricht bietet eine Fülle von Möglichkeiten, arbeitsgleiche wie arbeitsteilige Partner- oder Gruppenarbeit einzuplanen. In der Jahrgangsstufe 11 sollte wegen der Angleichungs- und Orientierungsfunktion in kooperative Arbeitsformen systematisch eingeführt werden.

Der Modus der Gruppenbildung kann unterschiedliche Zielstellungen haben. Ein leitender Aspekt ist in der Regel die Kenntnis und Berücksichtigung unterschiedlicher Lernvoraussetzungen. Homogene bzw. heterogene Leistungsgruppen können in Bezug auf Interesse, Leistungsbereitschaft, Arbeitstempo, Erinnerungsvermögen, Kommunikationsfähigkeit etc. gebildet werden. Um aber eine starre Rollenverteilung innerhalb der Gruppe zu durchbrechen, kann die Gruppenbildung auch nach dem Zufallsprinzip erfolgen („Kartenziehen“ o. Ä.). Die Intention, geschlechtsspezifisches Rollenverhalten auszugleichen, kann gegebenenfalls zur Bildung reiner Mädchen- oder Jungengruppen führen.

Beim Austausch von Gruppenergebnissen sollten je nach Zeitrahmen und Zielstellung Aktionsformen gewählt werden, die eine möglichst hohe Beteiligung und Aufmerksamkeit aller Schülerinnen und Schüler sicherstellen. Neben dem Gruppenvortrag Einzelner können auch andere Formen der Informationsvermittlung verlangt werden, wie z. B. den „Markt der Möglichkeiten“ (es werden Info-Ecken eingerichtet), die Befragung von Schülerinnen und Schülern als „Experten“ o. Ä. Bei der

Auswertung längerer Gruppenarbeitsphasen (z. B. in Projekten) können auch „Fishbowl“- oder „Karussell“-Diskussion, Pro- und Contra-Debatte u.a.m. geeignete Formen sein.

### **Referat und andere Präsentationsformen**

Das Referat trägt zur Vorbereitung auf die in der mündlichen Abiturprüfung geforderte Qualifikation des zusammenhängenden Vortrags einer selbstständig gelösten Aufgabe bei.

Bei der Erstellung und dem Vortrag des Referats werden folgende Arbeitstechniken erlernt und geübt:

- Organisieren des Arbeitsvorhabens und Methodenreflexion
- Beschaffen, Zusammenstellen, Ordnen, Auswerten von themenbezogenem Informationsmaterial
- Planen eines gegliederten Aufbaus des Referats
- Exzerpieren eines Textes
- Anfertigen von Stichwortsammlungen und eigenen Glossaren (Übersichten zu Fachbegriffen und Definitionen)
- adressatenbezogener Einsatz von Medien
- sinnvolles Einbeziehen von Experimenten
- Techniken des Referierens: Vortrag mit Hilfe einer stichwortartigen Gliederung, adressatenbezogenes Sprechen und Diskutieren, korrektes Zitieren
- Berücksichtigen des Zeitfaktors (bei der Vorbereitung und dem Vortrag des Referats)
- gegebenenfalls Erstellen eines Abstracts für die Lerngruppe.

Im Hinblick auf die Unterrichtsgegenstände kann das Referat sowohl vorbereitenden als auch erweiternden Charakter haben.

Um Arbeitsergebnisse, die aus Einzel- oder Gruppenarbeit erwachsen sind, in Form einer Ausstellung (z. B. am Tag der offenen Tür) oder als unterrichtliches Lernmaterial aufzubereiten, gehört in den Chemieunterricht auch das Üben und Anwenden weiterer Präsentationsformen, wie z. B.

- aus wissenschaftlichen Texten oder eigenen Untersuchungen Tabellen und Schemata (z. B. Fluss-, Säulen-, Kreis- oder Kurvendiagramme) anfertigen oder diese in eine schriftliche Form bringen
- Lernplakate und Folien gestalten, Lückentexte entwerfen
- Fotos oder Videos anfertigen und in einem adressatenbezogenen Kontext vorstellen.

### **Protokoll**

Durch das Anfertigen von Protokollen wird die Technik des konzentrierten Zuhörens und das Erfassen von fachspezifischen Ausführungen geübt. Der Schwerpunkt des Erlernens dieser Arbeitstechniken soll in der Jahrgangsstufe 11 liegen. Für den Unterricht kommen folgende Arten der Protokolle in Betracht:

Das *Verlaufsprotokoll* soll den Gang der Unterrichtsstunde in den wesentlichen Zügen wiedergeben.

Das *Protokoll des Diskussionsprofils* nimmt aus dem Gang der Unterrichtsstunde diejenigen Beiträge heraus, die die Diskussion entscheidend bestimmt haben. Es macht die unterschiedlichen Standpunkte und ihre Begründung deutlich.

Das *Ergebnisprotokoll* verzichtet auf die Wiedergabe des Unterrichtsverlaufs und auf die Darstellung des Diskussionsprofils und hält stattdessen genau die Unterrichtsergebnisse fest.

Das *Versuchsprotokoll* wird im Allgemeinen erstellt, um Versuche wiederholen und Ergebnisse überprüfen zu können. Die Erstellung von Versuchsprotokollen schult Schülerinnen und Schüler nicht nur im Gebrauch der Fachsprache, sondern auch in der Fähigkeit zur strukturierten Darstellung komplizierter Sachverhalte und Vorgänge. Protokolle stellen weiterhin Möglichkeiten der immanenten Wiederholung, aber auch der Wissenssicherung und -anwendung dar. Auch können sie der Kommunikation und dem Informationsaustausch dienen, z. B. zwischen verschiedenen Schülergruppen im Rahmen eines fächerverbindenden Unterrichtsvorhabens. Eine Absprache zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern hinsichtlich der Gestaltung und Gliederung von Versuchsprotokollen ist in jedem Falle – auch wegen der fächerverbindenden Zusammenarbeit – sinnvoll und erforderlich.

Eine sinnvolle **Gliederung für Versuchsprotokolle** ist folgende:

- Thema (Aufgabe oder Fragestellung)
- Geräte und Chemikalien (mit Gefahrstoffkennzeichen)
- Versuchsaufbau (Skizze der Apparatur)
- Durchführung des Versuchs und Sicherheitshinweise
- Beobachtungen/Messergebnisse
- Deutungen der Beobachtungen/Messergebnisse
- Folgerungen (z. B. Reaktionsgleichungen, Verallgemeinerungen).

### **Facharbeit**

Wissenschaftspropädeutisches Lernen zielt darauf ab, die Schülerinnen und Schüler mit den Prinzipien und Formen selbstständigen Lernens vertraut zu machen. Facharbeiten sind hierzu besonders geeignet.

Jede Schülerin bzw. jeder Schüler soll im Verlauf der Schullaufbahn eine Facharbeit anfertigen.

Facharbeiten ersetzen in der Jahrgangsstufe 12 nach Festlegung durch die Schule je eine Klausur für den ganzen Kurs oder für einzelne Schülerinnen und Schüler. Eine Facharbeit hat den Schwierigkeitsgrad einer Klausur; sie soll einen Schriftumfang von 8 bis 12 Seiten (Maschinenschrift) nicht überschreiten. Gleichartige Arbeiten gehören zum Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“.

Die Arbeit besteht aus:

- Deckblatt mit Thema, Name, Schule, Kurs- und Schuljahresangabe, Datum
- Inhaltsverzeichnis
- Abstract (eine knappe, zusammenfassende Darstellung von Fragestellung, Methode und Ergebnis)
- Textteil mit
  - Einleitung als Entwicklung der Fragestellung
  - Hauptteil mit untergliedernden Zwischenüberschriften
  - Schlussteil als Zusammenfassung der Ergebnisse
- Literaturverzeichnis
- gegebenenfalls Anhang mit fachspezifischen Dokumentationen, angefertigten Gegenständen, Objekten auf Datenträgern, Ton- und Videoaufnahmen, Materialien, Tabellen, Grafiken, Karten etc.
- Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit bzw. des Teils der Gruppenarbeit
- eventuell Arbeitsprozessbericht (Es ist empfehlenswert, dass die Schülerinnen und Schüler einen solchen Bericht anfertigen, in dem der Verlauf der Arbeitsprozesse im organisatorischen Bereich, die aufgetretenen Schwierigkeiten und deren Lösung dargestellt werden. Bei Gruppenarbeiten muss ein Arbeitsprozessbericht angefertigt werden, der den individuellen Anteil der einzelnen Schülerin bzw. des einzelnen Schülers am Arbeitsprozess ausweist).

Die methodischen und formalen Anforderungen an eine Facharbeit sind im Unterricht vorzubereiten. Unter Umständen ist es zweckmäßig, wenn diese Aufgabe nach Absprache in der Schule vom Fach Deutsch übernommen wird.

Im Fach Chemie ist die Vergabe sowohl theoretisch ausgelegter als auch experimenteller Facharbeiten möglich. Werden Experimente in den Laborräumen der Schule durchgeführt, so ist für eine Aufsicht zu sorgen. Außerhalb der Schule (z. B. im Gelände) ist experimentelles Arbeiten ohne Aufsicht einer Fachlehrerin oder eines Fachlehrers möglich, jedoch sind Fragen der Sicherheit und des Umweltschutzes im Hinblick auf durchzuführende Versuche vorab zu besprechen. Grundsätzlich dürfen nur Chemikalien und Geräte ausgegeben werden, die bezüglich ihres Gefahrenpotentials unbedenklich sind.

Anregungen für Facharbeiten finden sich in den Schemata zur Strukturierung der Jahrgangsstufen (siehe Kapitel 2.3).

### ***Hausaufgaben***

Sie dienen zur Festigung und Sicherung des im Unterricht Erarbeiteten sowie zur Vorbereitung des Unterrichts. Darüber hinaus eignen sich schriftliche oder praktisch ausgelegte Hausaufgaben gut, methodische Fertigkeiten einzuüben und nachzuweisen.

Im Chemieunterricht können z. B. folgende Hausaufgaben gestellt werden:

- Anfertigung eines Versuchsprotokolls

- grafische Aufbereitung von Messergebnissen
- Auswertung eines Parallelbeispiels zur Vertiefung
- vorbereitende Wiederholung zur Bereitstellung bekannter Fachinhalte und Sachzusammenhänge
- vorbereitende Erarbeitung einer speziellen Untersuchungstechnik anhand der Literatur
- Erschließung eines fachwissenschaftlichen Originaltextes
- Sammlung von Daten, Zeitungsartikeln etc.

Grundsätzlich kommt es darauf an, die Auswahl sowie den unterrichtlichen Einsatz von Arbeitsformen und Unterrichtsverfahren mit den jeweiligen Ziel-, Inhalts- und Medienentscheidungen abzustimmen und auf die konkreten Bedingungen und die Lernvoraussetzungen des jeweiligen Kurses zu beziehen. Eine Methodenvielfalt, die unterschiedliche Zugänge für das Erlernen selbstständigen Arbeitens öffnet, ist daher am ehesten geeignet, Schülerinnen und Schüler gemäß ihren individuellen Lernvoraussetzungen und Fähigkeiten an eigenverantwortliches Arbeiten heranzuführen.

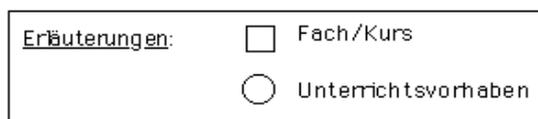
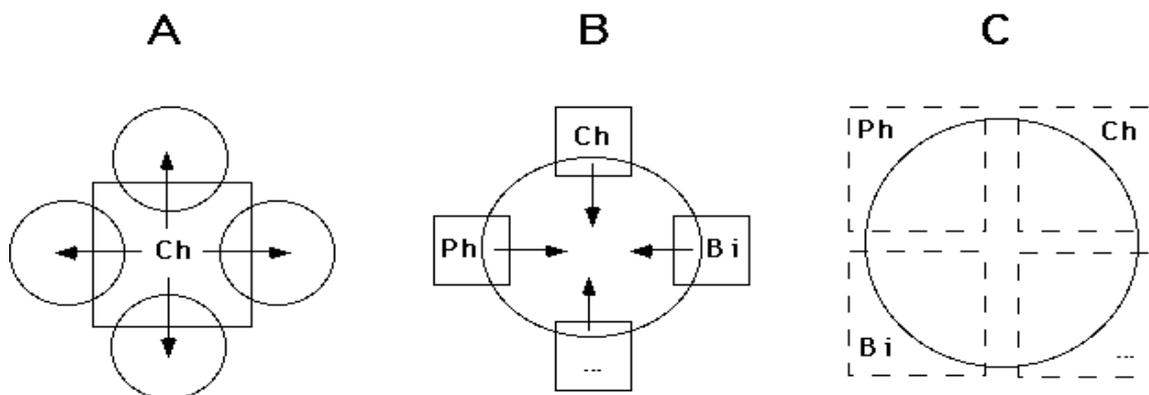
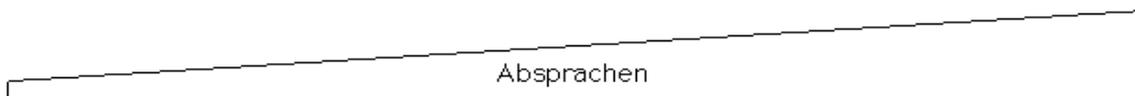
### **3.2.3 Fachübergreifende, fächerverbindende und projektorientierte Lern- und Arbeitsorganisation**

Terminologisch ist zu unterscheiden zwischen

- fachübergreifenden Unterrichtsvorhaben (A), bei denen innerhalb eines Faches über Fachgrenzen hinausgehende Bezüge vermittelt werden
- fächerverbindenden Unterrichtsvorhaben (B), bei denen zwei oder mehr Fächer zeitweise miteinander verknüpft werden und dabei unter Beibehaltung der Kursstrukturen stattfinden
- kursübergreifenden Unterrichtsvorhaben, bei denen Schülerinnen und Schüler aus verschiedenen Fächern themenbezogen zusammenarbeiten (C).

#### **Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten**

Der fachübergreifende und fächerverbindende Unterricht stellt eine notwendige Ergänzung zur individuellen Schwerpunktsetzung und Differenzierung in der gymnasialen Oberstufe in Form von Grund- und Leistungskursen dar. Die thematische Struktur des Faches Chemie bietet in allen Jahrgangsstufen reichhaltige Möglichkeiten, Themen so zu behandeln, dass sie über die Fachsystematik hinausgehen und Verbindungen zu Unterrichtsgegenständen anderer Fächer herstellen. So kann das Fach dazu beitragen, dass Schülerinnen und Schüler – auch gerade durch die chemiespezifische Sichtweise – zu einem vertieften Verständnis der komplexer werdenden Wirklichkeit gelangen (vgl. auch Kapitel 1.2 und 2.1).



Die folgende Tabelle stellt den Zusammenhang zwischen Formen, Definitionen und schulorganisatorischen Voraussetzungen dar.

<b>Form</b>	<b>Definition</b>	<b>Schulorganisatorische Voraussetzungen</b>
fachübergreifend	bewusster, über die Grenzen des Faches reichender Bezug auf verwandte Themen, kurzzeitige Betrachtung des Gegenstands aus der Perspektive eines anderen Faches	in jedem Fachunterricht unter Berücksichtigung globaler Themen und der Curricula anderer Fächer realisierbar.
fächerverbindend	wechselseitige Bezüge zwischen zwei oder mehreren Fächern in Kenntnis der Tatsache, dass und wann ein solches Thema in jeweils dem anderen Fach behandelt wird.	Fachunterricht, bei dem Fachlehrerinnen und Fachlehrer aus zwei bzw. mehreren Fächern sich gegenseitig über ihre fachlichen Inhalte informieren. Im Jahrgang finden zeitliche Absprachen über ähnliche oder verwandte Unterrichtsgegenstände statt.

Fachübergreifendes sowie fächerverbindendes Arbeiten kann in unterschiedlicher Ausprägung folgende Funktionen erfüllen:

- Schülerinnen und Schüler können sich einen komplexen Sachverhalt aus der Sicht verschiedener Fächer detaillierter und vielfältiger erschließen, als dies innerhalb der Fachsystematik möglich ist. Im Fach Chemie wird z. B. der erhebliche Einfluss, den chemische Erkenntnisse – angewendet in Alltag, Technik und Industrie – auf Entscheidungen in Wirtschaft und Gesellschaft haben, sichtbar. Ebenso können beispielsweise Wechselwirkungen zwischen umweltpolitischen Entscheidungen und den analytischen Möglichkeiten der Chemie, kleinste Stoffportionen nachzuweisen, mühelos entdeckt werden. Bezüge zwischen den Unterrichtsgegenständen und ihrer eigenen Lebenswirklichkeit werden leichter zugänglich (Kapitel 2.1, 2. Bereich).
- Schülerinnen und Schüler lernen in verstärktem Maße mit unterschiedlichen Präsentationsformen umzugehen. Dies ist gerade dann angemessen und erforderlich, wenn ein und dasselbe Thema – auch in Form von Einzel- oder Gruppenarbeit – zu gleicher Zeit aus verschiedenen fachspezifischen Sichtweisen behandelt wird. Gleichrangiges Ziel – neben dem Erwerb fachspezifischer Inhalte – ist es, dass Schülerinnen und Schüler gelernte Sachverhalte durch geeignete Präsentationsformen adressatenbezogen, zeitökonomisch und effektiv an Lerngruppen weitergeben können.
- Für Schülerinnen und Schüler wird in besonderer Weise der charakteristische Zugriff des jeweils beteiligten, Faches deutlicher erfahrbar, als dies beim rein fachimmanenten Vorgehen möglich ist. Die das Fach auszeichnende Vorgehensweise (z. B. in Form einer typischen Lösungsstrategie) kann dann – gerade in Abgrenzung zu anderen Fächern – schärfer fokussiert und sowohl in ihrer Leistungsfähigkeit als auch in ihrer (fachspezifischen) Beschränktheit vermittelt werden.

An Lernarrangements, die überfachliches Lernen ermöglichen sollen, sind bestimmte Anforderungen zu stellen. Dies gilt insbesondere für die Wahl der Themen.

Themen für überfachliches Lernen sind so zu wählen,

- dass die zu behandelnden Unterrichtsgegenstände einerseits fachlich konkret definiert sind, gleichzeitig aber auch eine Relevanz für alle beteiligten Fächer ausweisen. Themen können einerseits im Rahmen des naturwissenschaftlichen Aufgabenfeldes behandelt werden. Andererseits können sie auch so geartet sein, dass sie gesellschaftswissenschaftliche und naturwissenschaftliche Fächer verbinden. Die Beteiligung von Fächern mit anderer fachwissenschaftlicher Methodik, z. B. den Sozialwissenschaften oder der Philosophie, wäre auch im Hinblick auf die Intention, die jeweils unterschiedliche Fachspezifik herauszuarbeiten, wünschenswert. Beispielsweise ist es bei der Bearbeitung des Themas „Kleidung“ (in der Jahrgangsstufe 13) nahe liegend, historische, ästhetische, literarische und auch chemische Bezüge (Chemiefasern und Farbstoffe) herzustellen. Der besondere Beitrag des Faches Chemie kann darin liegen, die Struktureigenschaftsbeziehung am Beispiel der Chemie- bzw. Naturfasern oder der Farbstoffe aufzuzeigen. Zudem können die Wege der Produktentwicklung und

die Auswirkungen, die die Produktion von Chemiefasern auf die Änderung von Kleidungsgeohnheiten hat, in Beziehung gesetzt werden.

- dass sie hinreichend komplex sind, aber auch eine Reduzierung auf Teilaspekte vereinbart werden kann. So muss es möglich sein, im Rahmen eines fächerverbindenden Unterrichtsvorhabens einzelne Schwerpunktsetzungen vorzunehmen. Fachliche Zugänge können so leichter gefunden und dabei arbeitsteilige Verfahren realisiert werden.
- dass Unterrichtsgegenstände, die keinen für das Fach exemplarischen Charakter aufweisen, mit denen anderer Fächer verknüpft werden. So kann der Gefahr begegnet werden, dass sich der durch die Unterrichtsreihe bzw. das Projekt gestiftete Zusammenhang nicht auf eine lediglich assoziative Verknüpfung beschränkt.
- dass Themen aus dem Unterricht unter Berücksichtigung der Schülerinteressen und aus aktuellen und lokalen Gegebenheiten erwachsen und dass sie möglichst unter Beteiligung der Schülerinnen und Schüler geplant werden.

Themen werden durch den Lehrplan nicht verbindlich vorgegeben. Es können allenfalls Möglichkeiten der Themenwahl skizziert werden.

### ***Beispiele für die Jahrgangsstufe 11***

Wird ein Gärungstyp behandelt (siehe Jahrgangsstufe 11, Themenfeld A), so kann in Kooperation mit dem Fach Biologie der Reaktionsweg aufgeklärt und in der Zelle lokalisiert werden. Die produktionstechnische Anwendung kann im Unterricht simuliert werden (z. B. Joghurt-Produktion) und eröffnet Möglichkeiten der Einbeziehung außerschulischer Lernorte (z. B. Molkerei, Brauerei).

Erfolgt z. B. die Erarbeitung von Gleichgewichtsreaktionen und der Reaktionsgeschwindigkeit in der Chemie zeitgleich mit der Einführung der Enzymatik in der Biologie, so kann den Schülerinnen und Schülern ein vertieftes Verständnis der Biokatalyse vermittelt werden. Krankheitsbilder können Beispiele sein für enzymatisch bedingte Störungen, die Konzentrationsveränderungen im Blut hervorrufen. Diese können als Verschiebungen eines Fließgleichgewichts interpretiert werden (z. B. bei der Hyperammonämie). Dabei kann der Zusammenhang zwischen enzymatischen und chemischen Vorgängen entdeckt und auf Grund der chemischen Kenntnisse verständlicher werden.

Im Zusammenhang mit der Behandlung eines großtechnischen Prozesses (siehe Jahrgangsstufe 11, Themenfeld B) bietet sich eine Werkserkundung an. Fächer aus dem gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeld können hier eingebunden werden.

### ***Beispiele für die Jahrgangsstufe 12 und 13***

Die Gewinnung und Nutzung von Energie sind kein rein chemisches Thema (Jahrgangsstufe 12, siehe Themenfeld A). Die technologische Realisierung elektrochemischer Reaktionen ist ein Gebiet, das erst durch die Einbeziehung physika-

lischer und technischer Fragen umfassend erschließbar wird. So ist beispielsweise das Problem der Gewinnung, der Speicherung und des Transports von Wasserstoff ein lohnendes Unterrichtsvorhaben, um zusammen mit den Fächern Physik und Technik eine zukunftsrelevante Problematik zu erarbeiten.

Bei der unterrichtlichen Behandlung der Spannungsreihe der Metalle bzw. Nichtmetalle (siehe Jahrgangsstufe 12, Themenfeld A) bietet sich die Besichtigung eines Chemiebetriebs an, in der galvanische bzw. elektrolytische Verfahren Anwendung finden. Auch bei der Erarbeitung der Reaktionswege zur Herstellung von Anwendungsprodukten (siehe Jahrgangsstufe 12, Themenfeld B) sollte die Möglichkeit einer Betriebsbesichtigung genutzt werden. Hinweise und Hilfen erhält man in Nordrhein-Westfalen über das Kontaktnetz-Industrie-Schule (KIS). Gerade die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung einer Betriebsbesichtigung bietet eine Problematik, zu deren Aufarbeitung mehrere Fächer Beiträge leisten können. So könnte in Zusammenarbeit mit den Sozialwissenschaften eine Betriebserkundung das Ziel haben, neben chemisch-technischen Fragen auch wirtschaftliche und ökologische Aspekte einer Industrieproduktion beispielhaft aufzuzeigen (z. B. Verständnis der Funktionsweise der Marktwirtschaft, Beurteilung umweltpolitischer Prinzipien und Instrumente sowie Erkennen der Konfliktpotentiale). Das Erschließen von Standortfaktoren und Erstellen von Ökobilanzen ist ein wesentlicher Aspekt, der das Verständnis von chemischen Abläufen um den Gesichtspunkt der wirtschaftlichen Dimension ergänzt.

Bei der Behandlung von Korrosion und Korrosionsschutz kann auch die Frage nach den volkswirtschaftlichen Schäden und ihren ökonomischen Folgen (im Sinne eines fachübergreifenden Unterrichtsansatzes) thematisch werden.

Eine Fächerverbindung zwischen Chemie und Erdkunde ist dann sinnvoll und wünschenswert, wenn chemische Vorgänge z. B. in einen lokalisierbaren Zusammenhang gebracht werden können. So wird die Synthese erwünschter Produkte von nachwachsenden bzw. fossilen Rohstoffen ausgehen (siehe Jahrgangsstufe 12, Themenfeld B), deren wirtschaftliche und ökologische Bedeutung erst dann umfassend erfahrbar werden, wenn Kenntnisse über Anbaugebiete bzw. natürliche Vorkommen einbezogen werden.

Bei der Auswahl eines analytischen Themas (siehe Jahrgangsstufe 12, Themenfeld C) liegt die Zusammenarbeit mit dem Fach Erdkunde ebenfalls nahe. Konzentrationsbestimmungen in einem schulnahen Gewässer können mit dem thematischen Baustein „Wasserversorgung als Eingriff in den Landschaftshaushalt“ in Verbindung gebracht werden. Analytische Untersuchungen von Böden sind in das Thema „Böden und ihre Bedeutung für nachhaltiges Wirtschaften“ integrierbar.

Im Rahmen der Untersuchung eines Gewässers werden die biologischen Parameter (z. B. Saprobienindex) im Biologieunterricht bestimmt, während die Messung der physikalisch-chemischen Parameter (z. B. Sauerstoffbestimmung nach Winkler, photometrische Bestimmungen des Phosphat- und Nitratgehalts) und die Erarbeitung der Ermittlungsmethoden im Chemieunterricht erfolgt. So werden Daten über den Zustand eines Gewässers experimentell ermittelt, zusammengestellt und

interpretiert. In einer Dokumentation können die Ergebnisse zusammengefasst, präsentiert und Interessierten zugänglich gemacht werden.

Wissenschaftliche Entdeckungen haben zu jeder Zeit auch Veränderungen der Lebensweise mit sich gebracht. Der Einfluss, den die Metallgewinnung oder die Erfindung neuer Werkstoffe auf die Lebensumstände der Menschen in verschiedenen gesellschaftlichen Epochen hatte, ist ein Aspekt, der in Zusammenarbeit mit dem Fach Geschichte behandelt werden kann. Ein Ziel könnte es sein, die Ergebnisse chemischer Entdeckungen in den Kontext ihrer gesellschaftlichen Folgen zu stellen. Da bietet sich aus der Sicht des Faches Chemie beispielsweise das Haber-Bosch-Verfahren der Ammoniaksynthese (siehe Jahrgangsstufe 11, Themenfeld B) und die Herstellung von Chemiewaffen ebenso an wie die Massenproduktion von Kunststoffen (siehe Jahrgangsstufe 13, Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe).

### Projektorientiertes Arbeiten

Projektunterricht ist in besonderer Weise geeignet, Qualifikationen im 3. Bereich des Faches zu vermitteln und auszubauen (vgl. Kapitel 1.2) und die Selbstständigkeit der Lernenden zu stärken. Projekte sollten im Idealfall durch folgende Merkmale gekennzeichnet sein:

- Aktuelle Interessen und Bedürfnisse der Lernenden sind häufig Anstöße für die Durchführung eines Projektes (**Bedürfnisbezogenheit**).
- Die Problemstellung für ein Projekt ergibt sich in der Regel aus der Alltags- und Lebenswelt der Lernenden, ihren lokalen Gegebenheiten und den dort stattfindenden aktuellen Entwicklungen (**Situationsbezogenheit**).
- Typische Projektthemen sind komplex und fachübergreifend ausgelegt. Daher können sie auch nur in fachübergreifenden Betrachtungsweisen bearbeitet werden (**Interdisziplinarität**).
- Der Arbeits- und Lernprozess bei der Durchführung eines Projekts wird von den Schülerinnen und Schülern möglichst selbstständig gestaltet oder zumindest entscheidend mitbestimmt (**Selbstorganisation bzw. Mitorganisation des Lernprozesses**).
- Der Verlauf eines Projektes ist durch praktisches und soziales Handeln gekennzeichnet, das zur Erstellung eines Produkts – z. B. Videofilm, Wandzeitung, Poster, Ausstellung – führt. Die Produkte einer Projektveranstaltung werden abschließend bei der Präsentation als Handlungsergebnis vorgestellt und können über die Lerngruppe hinaus auch anderen zugänglich gemacht werden (**Handlungs- und Produktorientierung**).
- Projektarbeit vollzieht sich in der Regel in arbeitsteilig arbeitenden Teams. Das entspricht der komplexen Struktur und der Vielschichtigkeit eines Projektthemas. Jedes Teammitglied trägt zum Teamprodukt und jedes Team zum Gesamtprodukt bei. Das Gelingen der Veranstaltung wird also erst durch die Zusammenführung von Gruppenbeiträgen ermöglicht (**kollektive Realisierung**).
- Das Projektthema sollte gesellschaftlich bedeutende Aspekte enthalten (**gesellschaftliche Relevanz**).

Die sieben genannten Merkmale charakterisieren ein idealtypisches Projekt. In der schulischen Praxis erfordern besondere Randbedingungen allerdings häufig Abweichungen vom Idealtypus: Einzelne Charakteristika können dann unter Umständen nur in reduzierter Form berücksichtigt werden. Entspricht das Vorhaben insgesamt aber den Intentionen des Projektunterrichts, so handelt es sich um **projektorientiertes Arbeiten**.

In der gymnasialen Oberstufe ergeben sich innerhalb des Faches Chemie vielfältige Möglichkeiten, den Unterricht projektorientiert zu gestalten. Beispielsweise kann die Fachlehrerin bzw. der Fachlehrer von sich aus Themen zur projektartigen Erarbeitung im Kurs vorsehen oder aber Schülervorschläge als Impuls für ein kursinternes Projekt nutzen. Die Projektthemen stehen in solchen Fällen in der Regel in direktem Zusammenhang mit dem Stoff- und Lehrplan des Faches Chemie. Da diese kursinterne Form keine übergreifende Organisation erfordert, kann sie im Rahmen des normalen Kursunterrichts jederzeit zur Anwendung kommen und ist für einen häufigeren Einsatz geeignet. Neben anderen Unterrichtsformen haben projektorientierte Arbeitsformen daher ihren festen Stellenwert im Fachunterricht.

Fächerverbindende und kursübergreifende Organisationsformen projektorientierten Unterrichts erfordern dagegen einen höheren planerischen Aufwand. Sie führen Wissen und Wissensträger verschiedener Fächer zusammen und bündeln Ziele von Projektorientierung und überfachlichem Lernen. Es ist vorgesehen, dass alle Schülerinnen und Schüler im Verlauf der gymnasialen Oberstufe an einer umfangreichen Projektveranstaltung teilnehmen. Diese sind unter bestimmten vorher festgelegten Leitfragen langfristig aus dem Fachunterricht heraus zu entwickeln. Die von den Schülerinnen und Schülern erbrachten Leistungen werden im Rahmen der „Sonstigen Mitarbeit“ beurteilt. Da solche Projektveranstaltungen stufenspezifische Ziele verfolgen, sind sie im Hinblick auf die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der Regel auf eine Jahrgangsstufe oder auf die gymnasiale Oberstufe zu beschränken.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, den Ablauf eines Projekts oder projektorientierten Vorhabens zu strukturieren. Eine Möglichkeit, die sich in der Praxis bewährt hat, ist der **Vier-Stufen-Plan** mit folgenden Prozessschritten:

1. Stufe der Anregung  
↓
  2. Stufe der gemeinsamen Planung  
↓
  3. Stufe der Ausführung  
↓
  4. Stufe der Ergebnissicherung
- Parallel: permanente gemeinsame Reflexion des Vorgehens in der Lerngruppe, Beurteilung des Arbeitsstandes und der Ergebnisse

### **1. Die Stufe der Anregung:**

Ein Mitglied der Lerngruppe – gegebenenfalls aber auch die Lehrkraft oder ein Außenstehender – liefert einen Anstoß für ein Vorhaben. Neben Impulsen aus dem

Fachunterricht können hier lokale Ereignisse, aktuelle Entwicklungen und persönliche Bedürfnisse der Lernenden auslösend sein.

Es muss zunächst geprüft werden, ob sich das Vorhaben projektartig durchführen lässt. Als Prüfsteine können hier die allgemeinen Kennzeichen eines Projekts dienen. Die Gruppe nimmt gegebenenfalls nötige Abstriche vom Idealtypus eines Projekts vor und ergründet Realisierungsmöglichkeiten. Wenn sie zu der Auffassung kommt, dass eine projektartige Bearbeitung möglich ist und auch erfolgen soll, so kann ein Projektthema formuliert werden.

Da dabei die konkrete Situation und die Gruppeninteressen berücksichtigt werden sollten, können im Lehrplan keine obligatorisch zu behandelnden Projektthemen festgeschrieben, sondern allenfalls Anstöße gegeben werden (vgl. folgende Tabelle).

### **Beispiele für Projektthemen:**

Metalle in der Geschichte der Menschheit	Licht und Farben
Chemie und Kunst	Drogen und Gesundheit
Wasser und Umwelt	Korrosion
Alternative Energien	Nachwachsende Rohstoffe
Moderne Werkstoffe	Recycling

### **2. Die Stufe der gemeinsamen Planung:**

Eine zu schnell erfolgende Festlegung auf konkrete Aktivitäten und ein verfrühtes arbeitsteiliges Vorgehen verhindern in der Regel, dass der Facettenreichtum eines Projektthemas von der Lerngruppe auch ausgeschöpft wird. Darum ist es in der Regel sinnvoll, dass die Tragweite und die Fülle der Beteiligungsmöglichkeiten innerhalb des Themas zunächst erkundet werden. Verfahren wie Brainstorming, Kartenabfrage, Ordnung der durch Brainstorming gefundenen Begriffe, Herausarbeiten von Bezügen usw. können hier sinnvolle Dienste leisten. Die Formulierung von Teilvorhaben und eine interessengeleitete Gruppenbildung können nun erfolgen.

Innerhalb jeder Gruppe sollte darauf ein Detailplan zur Bearbeitung der Einzelvorhaben erstellt werden. Es muss dabei geklärt werden,

### **wer, wann, was, wo, wie, warum**

durchführen wird. Ein sorgfältig ausgearbeiteter, von allen Gruppenmitgliedern gemeinsam aufgestellter und verantworteter Projektplan kann chaotische und für die Beteiligten frustrierende Entwicklungen bei der sich anschließenden Projektausführung verhindern helfen.

### **3. Die Stufe der Ausführung:**

Dem Projektplan entsprechend gehen die Gruppen bzw. Gruppenmitglieder ihren Aufgaben nach. In der Regel wird diese Phase nicht reibungslos ablaufen. Prob-

leme, z. B. mit der Zeiteinteilung, der Informations- und Materialbeschaffung u.s.w., werden auftreten und müssen besprochen und überwunden werden. Die konkrete Arbeit in den Gruppen muss also immer wieder durch Phasen ergänzt werden, in denen der Arbeitsstand reflektiert und die weitere Planung gegebenenfalls angepasst und abgeändert wird. Es kann sich dabei als sinnvoll erweisen, alle Projektteilnehmerinnen und -teilnehmer zusammenzurufen und das weitere arbeitsteilige Vorgehen im Plenum zu koordinieren. Solche Reflexionsphasen ermöglichen eine kritische Einschätzung und Beurteilung des eigenen Vorgehens und tragen zur Entwicklung von Methodenbewusstsein und Methodenkompetenz bei.

Im Verlaufe dieser Phase wird in der Regel ein Produkt angefertigt. Dies kann z. B. ein Poster, eine Videosequenz oder eine aufgebaute Geräteanordnung mit zugehöriger Versuchsvorschrift sein. Dabei gilt es, den Arbeitsaufwand so zu bemessen und die zur Verfügung stehende Zeit so einzuteilen, dass am Ende dieser Phase das Produkt fertig gestellt ist.

#### **4. Die Stufe der Ergebnissicherung:**

Die in Phase 3 angefertigten Produkte werden in der Regel bei der Präsentation und der verbalen Darstellung der Arbeitsergebnisse im Plenum benutzt und erhalten so einen medialen Charakter. Ein Vergleich der Gruppenergebnisse und eine Zusammenstellung und Einordnung im Rahmen des Gesamthemas wird in der Regel ein projektorientiertes Vorhaben abrunden.

Kommunikation innerhalb einer Teilgruppe sowie zwischen den Teilgruppen sollte während des gesamten Vorhabens möglich sein und auch stattfinden. Hier unterstützend, beratend und koordinierend tätig zu werden ist eine wichtige Aufgabe für die Lehrerin und den Lehrer. Da die Kommunikations- und Reflexionsphase das gesamte Vorhaben durchziehen, werden sie nicht als gesonderte Stufen im Stufenplan aufgefasst.

Die hier dargestellte Form projektorientierten Unterrichts hat sich nicht nur bei fächerverbindenden und kursübergreifenden Veranstaltungen, sondern auch im Fachunterricht bewährt. Sie sollte daher andere bewährte Unterrichtsformen ergänzen und keinesfalls ersetzen oder ablösen. Die besonderen Qualitäten und Leistungen dieses Verfahrens können nur bei gezieltem und situationsgerechtem Einsatz entfaltet werden.

### **3.2.4 Die besondere Lernleistung**

Mit der besonderen Lernleistung sollen herausgehobene Leistungen, die Schülerinnen und Schüler zusätzlich erbracht haben, im Rahmen der für die Abiturprüfung vorgesehenen Punktzahlen auch zusätzlich honoriert werden. Es muss sich um eine herausragende Leistung handeln. Dies hat auch in Art und Umfang der Darstellung bzw. der Dokumentation seinen Niederschlag zu finden. Die Kultusministerkonferenz hat als äußerliche Anhaltspunkte für die Wertigkeit den Rahmen bzw. den Umfang eines mindestens zweisemestrigen Kurses – dieses entspricht dem Äquivalent von maximal 60 Punkten – genannt.

Besondere Lernleistung kann z. B. sein: Ein umfassender Beitrag aus einem von den Ländern geförderten Wettbewerb, es kann das Ergebnis eines über mindestens ein Jahr laufenden fachlichen oder fachübergreifenden Projektes sein. Es kann sich auch um eine größere Arbeit handeln, die sich aus dem Fachunterricht ergeben hat. Die besondere Lernleistung muss in Qualität und Umfang eine Facharbeit deutlich überschreiten. Sie soll außer- und innerschulische Möglichkeiten außerhalb der Unterrichtsvorhaben erschließen, etwa in Feldarbeit und Experiment, in der Arbeit in Archiven oder Bibliotheken. Das Vorhaben soll eine klare Aufgabenstellung haben und eine nachvollziehbare Ausführungsebene (z. B. Produkt, Recherche, Versuch, Auswertung bzw. Reflexion).

### 3.3 Grund- und Leistungskurse

Grund- und Leistungskurse tragen gleichermaßen dazu bei, das Ziel der Studierfähigkeit zu erreichen.

Grundkurse repräsentieren das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer grundlegenden wissenschaftspropädeutischen Ausbildung.

Sie sollen

- in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe, Strukturen und Darstellungsformen eines Faches einführen
- wesentliche Arbeitsmethoden des Faches vermitteln, bewusst und erfahrbar machen
- Zusammenhänge im Fach und über dessen Grenzen hinaus in exemplarischer Form erkennbar werden lassen.

Leistungskurse repräsentieren das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer exemplarisch vertieften wissenschaftspropädeutischen Ausbildung.

Sie sind gerichtet

- auf eine systematische Beschäftigung mit wesentlichen, die Komplexität und den Aspektreichtum des Faches verdeutlichenden Inhalten, Theorien und Modellen
- auf eine vertiefte Beherrschung der fachlichen Arbeitsmittel und -methoden, ihre selbstständige Anwendung und theoretische Reflexion
- auf eine reflektierte Standortbestimmung des Faches im Rahmen einer breit angelegten Allgemeinbildung und im fachübergreifenden Zusammenhang.

Beide Kursarten basieren unverzichtbar auf dem Grundkursunterricht der Jahrgangsstufe 11.

Im Fach Chemie erhalten die Schülerinnen und Schüler eine wissenschaftspropädeutische Ausbildung, die sowohl chemietypisch ist als auch exemplarisch für die Naturwissenschaften (Aufgabenfeld III) stehen kann. Für beide Kurse gelten uneingeschränkt die in Kapitel 1 des Lehrplanteils formulierten Aufgaben und Ziele des Faches. Um diese zu erreichen, muss der Unterricht sowohl für den Grund- als

auch für den Leistungskurs nach den in Kapitel 2.3 dargelegten Regeln zur Umsetzung des Lehrplanes geplant und durchgeführt werden. Die Differenzierung zwischen Grundkurs und Leistungskurs erfolgt hauptsächlich durch die Tiefe bzw. Breite, in der ein Thema behandelt wird. Während das Ziel für Grundkursschülerinnen und -schüler eine grundlegende wissenschaftspropädeutische Ausbildung ist, sollen Leistungskursschülerinnen und -schüler eine exemplarisch vertiefte wissenschaftspropädeutische Ausbildung erhalten. Dafür ist eine systematischere, an entscheidenden Stellen komplexere Behandlung ausgewählter Themen ebenso nötig, wie eine breiter angelegte aspektreichere Betrachtung. Es darf aber nicht so weit kommen, dass im Leistungskursunterricht eine extreme fachspezifische Spezialisierung betrieben und dadurch Teilen eines Hochschulstudiums vorgegriffen wird. Umgekehrt wäre eine reine Beschränkung auf ein oberflächliches Überblickswissen ohne exemplarische Vertiefung für einen Grundkurs nicht zugelassen.

Für den Umgang mit dem Lehrplan ergeben sich folgende Konsequenzen:

Die **Leitthemen und Themenfelder** sind für Grund- und Leistungskurs gleichermaßen verbindlich. In beiden Kursen ist im Sinne des Lernens im Kontext auf eine enge Verknüpfung zwischen den zu behandelnden Unterrichtsgegenständen und ihrer Relevanz in Alltag, Industrie oder Umwelt zu achten. Behandelt man z. B. die industrielle Umsetzung chemischer Reaktionen (Synthesewege, großtechnische Elektrolysen), so ist es durchaus angemessen, diese Prozesse im Grundkurs vereinfacht und stärker schematisiert zu betrachten als in einem Leistungskurs.

Um eine einheitliche Grundausbildung zu gewährleisten sind in den Schemata zu den Kapiteln 2.3.2 und 2.3.3 **obligatorischen Unterrichtsgegenstände** angegeben. Diese Obligatorik gilt in der Regel sowohl für Grund- als auch für Leistungskurse. Ausnahmen sind in den Schemata zur Gestaltung der einzelnen Jahrgangsstufen jeweils gekennzeichnet. Es sei hier noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass ein einfaches Abarbeiten dieser Unterrichtsgegenstände keinen akzeptablen Unterrichtsgang ermöglicht. Auch hier erfolgt die Differenzierung zwischen Grund- und Leistungskursen durch die Breite und die Tiefe der Behandlung. So kann es z. B. je nach Unterrichtsgang für einen Grundkurs durchaus ausreichend sein, nur einfache Elektrolysen zu behandeln, während sich der parallele Leistungskurs auch mit komplexeren Phänomenen, wie z. B. dem der Überspannung, auseinandersetzt. Eine experimentell gestützte Erarbeitung der Nernst-Gleichung in allgemeiner Form ist ebenfalls eher ein Thema für den Leistungskurs, während im Grundkurs die vereinfachte Form für Metallhalbzellen (z. B. die Messung von Silberionenkonzentrationszellen) hergeleitet und die allgemeine Form danach gegebenenfalls mitgeteilt werden kann. Werden die typischen Reaktionswege der organischen Chemie erarbeitet, so sollten die Reaktionsabläufe im Grundkurs durch Überlegungen im Diskontinuum oder durch energetische Betrachtungen plausibel gemacht bzw. gestützt werden, während eine Leistungskursschülerin bzw. ein Leistungskursschüler an einem Beispiel exemplarisch erfahren soll, wie ein Reaktionsmechanismus aufgeklärt werden kann. Ähnliche Differenzierungen bieten sich an vielen weiteren Stellen an. So kann man sich in einem Grundkurs durchaus auf Titrationskurven mit einfacher Bestimmung des Äquivalenzpunktes beschränken, während Schülerinnen und Schüler eines Leistungskurses auch das Aufnehmen und Auswerten von Titrationskurven lernen sollen.

Auf der Ebene der **fachlichen Qualifikationen** geht es für Grundkursschülerinnen und -schüler hauptsächlich darum, grundlegende Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaft Chemie kennen und anwenden zu lernen. So ist z. B. die Behandlung des Orbitalmodells auch dann nicht zwingend erforderlich, wenn Aromaten behandelt werden. In manchen Fällen wird man sich in einem Grundkurs auf die Kenntnis einzelner Experimentiertechniken beschränken müssen, da diese nicht so lange eingeübt werden können, bis sie von den Schülerinnen und Schülern sicher beherrscht werden. Das bedeutet aber nicht, dass Schülerversuche im Grundkurs nur von geringer Bedeutung seien. Auch hier sind sie unerlässlicher Bestandteil des Unterrichts. Ein Teil der im Leistungskurs zusätzlich zur Verfügung stehenden Unterrichtsstunden sollte allerdings auf weitere Schülerexperimente verwendet werden, sodass die Schülerinnen und Schüler am Ende der Oberstufe die gängige Experimentiertechniken (wie z. B. Umgang mit Schlißapparaturen, Erhebung physikalischer Stoffeigenschaften, Titrations-, Elektrolysen bzw. Messungen in galvanischen Zellen) nicht nur kennen, sondern so sicher beherrschen, dass sie in der Lage sind auch quantitative Experimente mit Erfolg durchzuführen. Der Einsatz quantitativer Experimente im Unterricht lässt ebenfalls eine Differenzierung zwischen den Kursarten zu. Während die zur Auswertung nötige Mathematisierung mit Grundkursschülerinnen und -schülern an Beispielen exemplarisch erarbeitet und eingeübt wird, sollten z. B. Konzentrations-, Ausbeute-, Gleichgewichts-, Potentialdifferenzberechnungen für Leistungskursschülerinnen und -schüler nach und nach zum selbstverständlichen Handwerkszeug werden.

Schülerinnen und Schüler in beiden Kursarten sollen durch den Chemieunterricht gleichermaßen zu **selbstständigem Arbeiten** angeleitet und zu **fachübergreifenden Betrachtungen** von Problemstellungen befähigt werden. Allerdings ist auch auf dieser Ebene eine Abstufung nötig. Während Leistungskursschülerinnen und -schüler z. B. im Verlaufe des Oberstufenunterrichts zunehmend in der Lage sein sollten, sich ohne konkrete Hilfestellung durch die Lehrerin bzw. den Lehrer in ein selbstgewähltes Thema einzuarbeiten und etwa eine Facharbeit oder ein Referat zu erstellen, wird die Lehrkraft einer Grundkursschülerin oder einem Grundkurschüler insofern zur Seite stehen, als sie das gewählte Themenfeld begrenzt, auf zu erwartende Schwierigkeiten hinweist und gegebenenfalls geeignete Literatur empfiehlt.

### 3.4 Sequenzbildung

Die **Leitthemen** der Jahrgangsstufen 11 bis 13 und ihre Reihenfolge sind durch den Lehrplan Chemie vorgegeben und dürfen **nicht** verändert werden.

Die Reihenfolge der **Themenfelder** innerhalb der einzelnen Jahrgangsstufe kann dagegen den individuellen und schulischen Bedürfnissen angepasst und entsprechend variiert werden. Dadurch ist die erforderliche Flexibilität gegeben, die insbesondere für die Zusammenarbeit mit anderen Fächern, z. B. bei der Durchführung fachübergreifender Projekte, von großer Bedeutung ist; ohne diese Variationsmög-

lichkeit wäre eine sinnvolle Koordination mit anderen Fächern/Kursen oft nicht möglich.

Es ist zu beachten, dass die Festlegung der **Reihenfolge der Themenfelder**

- in der **Jahrgangsstufe 12** durch die **Fachkonferenz** erfolgen muss. Dies ist erforderlich wegen der Schülerinnen und Schüler, die in der Jahrgangsstufe 13 die Zulassung zum Abitur nicht erhalten und in die Jahrgangsstufe 12 zurückgehen.
- In den **Jahrgangsstufen 11 und 13** kann diese Festlegung durch die **Fachlehrerin bzw. den Fachlehrer** zusammen mit der Lerngruppe erfolgen.

Einige wenige Beispiele für Möglichkeiten, die Reihenfolge der einzelnen Themenfelder zu kombinieren, sollen hier kurz aufgezeigt werden.

So könnte der Kurs in der **Jahrgangsstufe 11** mit einer Unterrichtsreihe in dem Themenfeld „Reaktionsfolge aus der organischen Chemie“ beginnen. In deren Verlauf wird die Veresterung zum Anlass genommen, am Beispiel des Estergleichgewichts, die Unterrichtsgegenstände „chemisches Gleichgewicht“ und „Reaktionsgeschwindigkeit“ zu erarbeiten. Eine Unterrichtsreihe zum Themenfeld „Ein technischer Prozess“ wäre dann eine sinnvolle Fortsetzung, in der „Anwendungen des chemischen Gleichgewichts“ und das „Prinzip von Le Chatelier“ thematisiert werden. Ein von der Lerngruppe ausgewählter Stoffkreislauf schließt sich an, sodass das Themenfeld „Stoffkreislauf in Natur und Umwelt“ angemessen berücksichtigt wird.

Ein andere Möglichkeit ist folgende Sequenz: Zu Beginn erarbeiten die Schülerinnen und Schüler einen ausgewählten „Stoffkreislauf in Natur und Umwelt“. Die Einflüsse menschlichen Handelns auf diesen Kreislauf werden am Beispiel „eines technischen Prozesses“ deutlich. Die dabei auftretenden Fragestellungen zum unvollständigen Ablauf chemischer Reaktionen führen zu den Inhalten „chemisches Gleichgewicht“ und „Reaktionsgeschwindigkeit“. Die hier erworbenen Kenntnisse können Schülerinnen und Schüler in der abschließenden Unterrichtsreihe zur „Reaktionsfolge aus der organischen Chemie“ einsetzen und anwenden.

Bei der Unterrichtsplanung ist die besondere Funktion der Jahrgangsstufe 11 zu berücksichtigen.

Die Aufgabe der **Jahrgangsstufe 11** in ihrer allgemeinen Funktion ist im Kapitel 4 der Richtlinien beschrieben.

Die Schülerinnen und Schüler belegen in der Jahrgangsstufe 11 i. d. R. durchgehend 10 bis 11 Grundkurse (30 bis 33 Wochenstunden).

Der Unterricht folgt für die Jahrgangsstufen 11 bis 13 insgesamt einem Sequenzialitätsprinzip. Dabei ergibt sich für die Jahrgangsstufe 11, dass sie die wissenschaftspropädeutische Vorbereitung für die Qualifikationsphase inhaltlich und methodisch übernehmen muss, d. h. dass gesorgt werden muss

- für eine breite fachliche Grundlegung

- für eine systematische Methodenschulung in fachlicher, fachübergreifender und kooperativer Hinsicht
- für Einblicke in die Anforderungen von Leistungskursen
- für Angebote zur Angleichung der Kenntnisse.

Auch die Themenfelder in der **Jahrgangsstufe 12** bieten vielfältige Kombinations- und Anordnungsmöglichkeiten. Beschließt die Fachkonferenz, mit der Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie zu beginnen, so könnten sich Analysetechniken zur potentiometrischen pH-Wert-Messung anschließen. Eine Unterrichtsreihe zu „Reaktionswegen zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie“ beschließt das Halbjahr. Wird der Unterricht in der Jahrgangsstufe 12 jedoch mit diesem Themenfeld begonnen, so könnten organische Säuren der Anlass zur „Konzentrationsbestimmung von Säuren und Basen“ (im Themenfeld C) sein. Eine Unterrichtsreihe zur „Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie“ eventuell unter Einbezug elektrochemischer Analysetechniken stünde dann am Schluss des Halbjahres.

Bei der Strukturierung der **Jahrgangsstufe 13** bietet sich eine Fülle von Möglichkeiten bezüglich der Auswahl und der Verknüpfung von Themenfeldern (Beispiele für geeignete Themenfelder vgl. Kapitel 2.3.3). Zu Beginn der Jahrgangsstufe bietet es sich an, Anknüpfungsmöglichkeiten an das zuletzt in der Jahrgangsstufe 12 behandelte Themenfeld zu beachten. Auch im weiteren Verlauf der Jahrgangsstufe 13 ist es sinnvoll, immer wieder Rückbezüge zu den im vorausgehenden Jahr behandelten Inhalten und Methoden herzustellen. So werden die bereits früher erworbenen Kenntnisse und Qualifikationen in neuen Zusammenhängen vertieft und vernetzt und gleichzeitig im Hinblick auf die Abiturprüfung wiederholt. War in den Jahrgangsstufen 11 und 12 die Bearbeitung jedes der in Kapitel 3.4.1 und 3.4.2 genannten Themenfelder verbindlich und nur die Sequenzierung variabel, so gilt für die Jahrgangsstufe 13, dass die Fachlehrerin bzw. der Fachlehrer in Absprache mit den Kursteilnehmerinnen und Kursteilnehmern über Auswahl und Sequenz der Themenfelder entscheidet. Dabei sollten die konkreten Möglichkeiten der Schule und des Schulumfeldes beachtet und genutzt werden. Im Verlauf der Jahrgangsstufe 13 muss mindestens ein Themenfeld unter Einbeziehung eines der fünf in Kapitel 2.3.3 genannten Theoriekonzepte bearbeitet werden. Themenfeld und Theoriekonzept müssen intensiv miteinander verzahnt und dürfen nicht als unabhängig voneinander zu behandelnde Unterrichtseinheiten aufgefasst werden. So wird sichergestellt, dass die Schülerinnen und Schüler den theoretischen Anteil immer auch im Kontext mit seiner Anwendbarkeit sehen.

Wird im weiteren Verlauf der Jahrgangsstufe 13 ein weiteres Themenfeld bearbeitet, so kann dies ohne die Kopplung an ein zweites Theoriekonzept erfolgen. Sinnvoll erscheint hier gegebenenfalls aber die Anbindung an das bereits behandelte Theoriekonzept bzw. an das bereits behandelte Themenfeld. Konkrete Möglichkeiten zur Gestaltung der Jahrgangsstufe 13 sind in Kapitel 2.3.3 beschrieben.

## Beispiele für Unterrichtssequenzen

### Beispiel 1

Jahrgangsstufe 11

Themenfeld	Unterrichtsreihen, Inhalte
A	<b>Vom Alkohol zum Aromastoff</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• homologe Reihe der Alkanole und ihre Oxidationsprodukte (Alkanale, Alkanone, Alkansäuren)</li> <li>• das chemische Gleichgewicht am Beispiel der Estersynthese und -spaltung</li> <li>• Massenwirkungsgesetz</li> </ul>
B	<b>Die großtechnische Ammoniaksynthese</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie des Haber-Bosch-Verfahrens</li> <li>• Bereitstellung der Ausgangsstoffe</li> <li>• Steuerung des Prozesses durch Druck und Temperatur, Katalysatoreinsatz</li> <li>• Ammoniak und Ammoniumsalze, Salpetersäure und Nitrate</li> </ul>
C	<b>Stickstoffkreislauf in der Natur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftstickstoff, Nitrifikation und Denitrifikation</li> <li>• Beeinflussung des Kreislaufs durch menschliches Handeln, (z. B. Düngung, thermische Kraftwerke, Verbrennungsmotoren etc.)</li> </ul>

Jahrgangsstufe 12

Themenfeld	Unterrichtsreihen, Inhalte
C	<b>pH-Wert-Bestimmungen in Gewässern und Böden</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoprotolysegleichgewicht des Wassers, pH- und <math>pK_s</math>-Wert</li> <li>• Wirkungsweise von Indikatoren</li> <li>• Methoden der pH-Wert-Messung</li> <li>• Protolyse von Salzen, Pufferung</li> <li>• Härtebestimmung von Wasser durch Titration</li> </ul>
A	<b>Von der Wasserelektrolyse über die Knallgasreaktion zur Brennstoffzelle</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolyse wässriger Lösungen v. Säuren, Hydroxiden, Salzen</li> <li>• galvanische Zellen und Standardelektrodenpotentiale</li> <li>• Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle, Wasserstofftechnologie</li> </ul>
B	<b>Vom Raps über Rapsöl zu Anwendungsprodukten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapsölgewinnung, Umesterung zu Rapsölmethylester, Biodiesel</li> <li>• Esterspaltung als Substitutionsreaktion</li> <li>• gesättigte und ungesättigte Fettsäuren</li> <li>• Bromierung, (Iodzahlbestimmung), Hydrierung als Additionsreaktionen</li> <li>• Margarineherstellung</li> </ul>

Jahrgangsstufe 13

Themenfeld	Unterrichtsrerien, Inhalte
A	<p><b>Die bunte Welt der Farben – Theoriekonzept: Das aromatische System</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Farbe in Alltag und Lebenswelt, historische Aspekte</li> <li>• Synthese von Farbstoffen</li> <li>• Wechselwirkung von Licht und Materie, Konstitution und Farbigekeit</li> <li>• Färbeverfahren für verschiedene Fasern</li> </ul>
I	<p><b>Gewässergütebestimmung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• chemische Parameter der Gewässergüte</li> <li>• fotometrische Konzentrationsbestimmung, Absorptionsspektren, Eichgeraden</li> <li>• BSB<sub>5</sub>-Wert-Bestimmung (Winkler-Verfahren und/oder Einsatz einer Sauerstoffelektrode)</li> <li>• neue Techniken der Abwasserreinigung</li> </ul>

**Beispiel 2**

Jahrgangsstufe 11

Themenfeld	Unterrichtsrerien, Inhalte
C	<p><b>Der natürliche und technische Kalkkreislauf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brennen, Löschen, Abbinden von Kalk</li> <li>• Härte von Wasser, Verkalkung von Warmwassergeräten</li> <li>• Entstehung von Tropfsteinhöhlen und Korallenriffen</li> <li>• Erarbeitung des chemischen Gleichgewichts am Carbonat-Hydrogencarbonat-System</li> <li>• Erarbeitung des Massenwirkungsgesetzes</li> <li>• Kohlenstoffdioxid als Treibhausgas</li> </ul>
A	<p><b>Vom Traubensaft zum Essig</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkoholische Gärung, Alkohol</li> <li>• homologe Reihe der Alkanole und ihre Oxidationsprodukte (Alkanale, Alkanone)</li> <li>• Herstellung von Essig, Alkansäuren, Ester</li> <li>• Konzentrationsbestimmung von Haushaltssessig durch Titration</li> <li>• Katalyse, Biokatalyse</li> </ul>
B	<p><b>Produktion von Citronensäure</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung und Verwendung von Citronensäure</li> <li>• Fermentation von Zucker mit Hilfe von Mikroorganismen (Biotechnologisches Verfahren)</li> <li>• Technologie des Bioreaktors (Fermenter)</li> </ul>

Jahrgangsstufe 12

Themenfeld	Unterrichtsrerien, Inhalte
B	<p><b>Vom fossilen Rohstoff über Ethen zu Anwendungsprodukten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdöldestillation, Crackverfahren, Alkene</li> <li>• Herstellung von Ethen aus Alkohol (Eliminierung)</li> <li>• Addition von Halogenen an Alkene</li> <li>• Halogenalkane, ihre Bedeutung und Probleme</li> <li>• Herstellung von Kunststoffen durch Polymerisation, technische Verarbeitungsverfahren</li> <li>• Recycling von Kunststoffen</li> </ul>
A	<p><b>Korrosion und Korrosionsschutz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrosion, Lokalelement, Redoxreaktionen</li> <li>• galvanische Zellen, Standardelektrodenpotentiale</li> <li>• Korrosionsschutz</li> </ul> <p><b>Materialveredlung mit Hilfe des elektrischen Stromes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Galvanisieren als Anwendung der Elektrolyse</li> <li>• Eloxalverfahren</li> </ul>
C	<p><b>Potentiometrische Konzentrationsbestimmung von Ionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chloridionenbestimmung im Leitungswasser, Löslichkeitsprodukt</li> <li>• pH-Elektrode, Nernst-Gleichung</li> <li>• Autoprotolysegleichgewicht des Wassers, pH- und <math>pK_s</math>-Wert,</li> <li>• Aufnahme von Titrationskurven</li> </ul>

Jahrgangsstufe 13

Themenfeld	Unterrichtsrerien, Inhalte
H	<p><b>Untersuchung von Nahrungsmitteln – Theoriekonzept: Makromoleküle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlenhydrate (Zucker, Stärke, Mono-, Di-, Polysaccharide)</li> <li>• Eiweiße (Aminosäuren, Peptide, Proteine)</li> <li>• Nachweisreaktionen, Hydrolyse</li> <li>• optische Aktivität, Elektrophorese, isoelektrischer Punkt</li> <li>• Fette, Iodzahl, Säurezahl, Verseifungszahl, essentielle Fettsäuren</li> <li>• falsche und gesunde Ernährung</li> <li>• Lebensmittelzusatzstoffe</li> </ul>
C/J	<p><b>Fasern, Gewebe, Kleidung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• natürliche Fasern (Wolle, Baumwolle, Seide)</li> <li>• synthetische Fasern (Polyamide, Polyester)</li> <li>• moderne Gewebe</li> </ul>

### 3.5 Mädchen und Jungen im Chemieunterricht

Die Verbesserung der Chancengleichheit von Mädchen im Chemieunterricht ist Teil eines größeren Problemzusammenhangs. Es besteht die Gefahr, dass Lehrerinnen und Lehrer ihre Aufmerksamkeit verstärkt den Jungen zuwenden, diese stärker als Individuen ansprechen und ihnen Gelegenheit geben, ihre technisch bestimmten Vorkenntnisse und Interessen im Unterricht zur Geltung zu bringen. Umgekehrt fallen Mädchen wie Jungen im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Unterricht häufig besonders bereitwillig in geschlechtsstereotype Verhaltensweisen zurück.

So werden Mädchen oft mögliche Zugänge zu naturwissenschaftlich-technischen Unterrichtsfächern erschwert. Sie werden nicht selten demotiviert, erhalten weniger Leistungsanreize und bestätigen dann scheinbar das eigene und das Vorurteil anderer, als Mädchen für solche Fächer nicht ausreichend begabt zu sein.

Vor diesem Hintergrund muss das Prinzip der Koedukation reflektiert werden. Deswegen sollte der Chemieunterricht

- die spezifischen Interessen und Fähigkeiten der Mädchen berücksichtigen
- fehlende vor- und außerschulische Erfahrungen von Schülerinnen ausgleichen
- ein erweitertes Selbstbild bei Mädchen aufbauen helfen
- zum Abbau von Geschlechtsstereotypen bei Lehrerinnen und Lehrern beitragen.

Dazu ist die didaktische Struktur des Lehrplans besonders geeignet. Dem „Lernen im Kontext“ und den „Methoden und Formen selbstständigen Arbeitens“ (vgl. Kapitel 2.1.2 und 2.1.3) werden eine größere Bedeutung als in der Vergangenheit zugemessen. So kann bei der Planung einer Unterrichtsreihe die Auswahl der Anwendungsbeispiele unter dem Gesichtspunkt erfolgen, ob auch mädchenspezifische Interessen zum Zuge kommen. Bei der Behandlung von Reaktionen, Vorgängen und Prozessen führen Unterrichtsgegenstände, die im körperlichen, medizinischen oder pharmazeutischen Bereich eine Rolle spielen, in der Regel zu größerer persönlicher Betroffenheit und auch zu mehr Motivation, sich damit auseinanderzusetzen. In Unterrichtsphasen, in denen vorwiegend selbstständig gearbeitet wird, sollten Arbeitsformen gewählt werden, in denen die Mitarbeit von Mädchen nicht durch rollenspezifische Verhaltensmuster eingeschränkt wird. Auch sollten Angebote von außerschulischen Ansprechpartnern, die mädchenspezifische Orientierungshilfen für das Studium und für die Berufswahl geben, z. B. an Universitäten in Form von „Schnuppertagen für Mädchen“ o. Ä. in den Unterricht mit einbezogen werden.

Auch wenn sich im Rahmen einer reflexiven Koedukation eine zeitweise Trennung der Geschlechter in bestimmten Fächern bzw. Kursen als förderlich für Mädchen bzw. Jungen erweisen kann, soll die Koedukation nicht aufgehoben werden. Schulen sollen hingegen selbst entscheiden können, ob und bei welchen Gelegenheiten Mädchen und Jungen zeitweise getrennt unterrichtet und wieder zusammengeführt werden.

## 4 Lernerfolgsüberprüfungen

### 4.1 Grundsätze

Die Grundsätze der Leistungsbewertung ergeben sich aus den entsprechenden Bestimmungen der Allgemeinen Schulordnung (§§ 21 bis 23). Für das Verfahren der Leistungsbewertung gelten die §§ 13 bis 17 der Verordnung über den Bildungsgang und die Abiturprüfung in der gymnasialen Oberstufe (APO-GOST).

Die Leistungsbewertung ist Grundlage für die weitere Förderung der Schülerinnen und Schüler, für ihre Beratung und die Beratung der Erziehungsberechtigten sowie für Schullaufbahnentscheidungen.

Folgende Grundsätze der Leistungsbewertung sind fest zu halten:

- Leistungsbewertung ist ein kontinuierlicher Prozess. Bewertet werden alle von Schülerinnen und Schülern im Zusammenhang mit dem Unterricht erbrachten Leistungen (vgl. Kapitel 4.2 und 4.3).
- Die Leistungsbewertung bezieht sich auf die im Unterricht vermittelten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Die Unterrichtsziele, -gegenstände und die methodischen Verfahren, die von den Schülerinnen und Schülern erreicht bzw. beherrscht werden sollen, sind in den Kapiteln 1 bis 3 dargestellt.

Leistungsbewertung setzt voraus, dass die Schülerinnen und Schüler im Unterricht Gelegenheit hatten, die entsprechenden Anforderungen in Umfang und Anspruch kennen zu lernen und sich auf diese vorzubereiten. Die Lehrerin bzw. der Lehrer muss ihnen hinreichend Gelegenheit geben, die geforderten Leistungen auch zu erbringen.

- Bewertet werden der Umfang der Kenntnisse, die methodische Selbstständigkeit in ihrer Anwendung sowie die sachgemäße schriftliche und mündliche Darstellung. Bei der schriftlichen und mündlichen Darstellung ist in allen Fächern auf sachliche und sprachliche Richtigkeit, auf fachsprachliche Korrektheit, auf gedankliche Klarheit und auf eine der Aufgabenstellung angemessene Ausdrucksweise zu achten. Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der deutschen Sprache werden nach § 13 (6) APO-GOST bewertet.
- Bei Gruppenarbeiten muss jeweils die individuelle Schülerleistung bewertbar sein.
- Die Bewertung ihrer Leistungen muss den Schülerinnen und Schülern auch im Vergleich mit den Mitschülerinnen und Mitschülern transparent sein.
- Im Sinne der Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung sollen die Fachlehrerinnen und Fachlehrer ihre Bewertungsmaßstäbe untereinander offen legen, exemplarisch korrigierte Arbeiten besprechen und gemeinsam abgestimmte Klausur- und Abituraufgaben stellen.
- Die Anforderungen orientieren sich an den im Kapitel 5 genannten Anforderungsbereichen.

## **4.2 Beurteilungsbereich „Klausuren“**

### **4.2.1 Allgemeine Hinweise**

Klausuren dienen der schriftlichen Überprüfung der Lernergebnisse in einem Kursabschnitt. Klausuren sollen darüber Aufschluss geben, inwieweit im laufenden Kursabschnitt gesetzte Ziele erreicht worden sind. Sie bereiten auf die komplexen Anforderungen in der Abiturprüfung vor.

Wird statt einer Klausur eine Facharbeit geschrieben, wird die Note für die Facharbeit wie eine Klausurnote gewertet.

Zahl und Dauer der in der gymnasialen Oberstufe zu schreibenden Klausuren gehen aus der APO-GOST hervor.

### **4.2.2 Fachspezifische Hinweise zur Aufgabenstellung, Korrektur und Bewertung von Klausuren**

#### **Aufgabenstellung**

Klausuren müssen so angelegt sein, dass die Schülerinnen und Schüler inhalts-, methoden- und gegebenenfalls anwendungsbezogene Kenntnisse und Fähigkeiten nachweisen können, die sie im Kursabschnitt erworben oder erweitert haben (im Sinne der drei Bereiche des Faches, vgl. Kapitel 2). Die Aufgabenarten für Klausuren sind grundsätzlich die gleichen wie im schriftlichen Abitur (vgl. Kapitel 5.3), d.h., die Aufgaben müssen materialgebunden sein oder sich auf ein Experiment beziehen, das demonstriert oder von den Schülerinnen und Schülern im Rahmen der Klausur selbst durchgeführt wird.

Bei Aufgaben mit Experimenten ist besonders darauf zu achten, dass den Schülerinnen und Schülern die notwendigen Beobachtungen sicher ermöglicht werden und Messergebnisse eindeutig zu erzielen bzw. zu erkennen sind. Für den Fall des Mislingens eines Experimentes sind entsprechende Ergebnisse bereit zu halten. Auf die Einhaltung der Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht an allgemein bildenden Schulen ist zu achten. Den Schülerinnen und Schülern muss genügend Zeit für die Durchführung der Experimente zur Verfügung gestellt werden. Eine Verlängerung der Arbeitszeit um maximal 30 Minuten ist möglich.

Eine Aufgabe ist zu gliedern in

- a) fachspezifische Vorgaben
- b) Arbeitsaufträge und gegebenenfalls
- c) Zusatzinformationen.

Fachspezifische Vorgaben und Arbeitsaufträge müssen so beschaffen sein, dass die drei Anforderungsbereiche (vgl. Kapitel 5.1 und 5.2) Berücksichtigung finden und eine Auseinandersetzung mit einer ganzheitlichen Problemstellung zulassen.

Bei fachübergreifenden Fragestellungen müssen chemische Probleme zentraler Bestandteil sein. Versuchsanleitungen, Versuchsbeschreibungen, Experimentalergebnisse, Grafiken, Diagramme, fachbezogene, kurze Texte, Abbildungen etc. stellen geeignete Materialien dar. Sie müssen den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, verschiedene Verfahren des naturwissenschaftlichen Arbeitens (z. B. Protokollieren, Systematisieren, Auswerten, Bewerten, Arbeitshypothesen aufstellen, geeignete Versuche vorschlagen etc.) anzuwenden und sie angemessen darzustellen.

Die Art der Aufgabenstellung muss aus dem Unterricht erwachsen. Entweder das Arbeitsmaterial und die Experimente oder die eingesetzten Stoffe müssen hingegen unbekannt sein. Abbildungen und Textstellen aus den eingeführten Lernmitteln sind dazu in der Regel nicht geeignet.

Aufgaben ohne Material oder Experiment, die nur aufsatzartig zu bearbeiten sind, sind nicht zulässig. Auch entspricht es nicht den Anforderungen, wenn das Material fast ausschließlich Grundlage für reproduktive Leistungen ist.

Die Arbeitsaufträge müssen einen Materialbezug aufweisen. Sie sollten nach steigender Komplexität angeordnet sein. Die Untergliederung darf jedoch nicht zu kleinschrittig erfolgen. Der erste Arbeitsauftrag sollte den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit eröffnen, im Rahmen des Anforderungsbereichs I Grundlagenwissen darzustellen. Es ist darauf zu achten, dass die Abituranforderungen schrittweise im Laufe der Oberstufe erreicht werden.

Notwendige weitere Angaben und Hilfen für die Lösung der Aufgaben, wie etwa Strukturformeln, Tabellen, Gleichungen etc., werden unter Punkt c) „Zusatzinformationen“ angefügt.

Im Fach Chemie lernen die Schülerinnen und Schüler Klausuren in der Regel erstmalig in der Jahrgangsstufe 11 kennen. Dieser Situation ist bei der Planung und Durchführung des Unterrichts und bei der Konzeption von Klausuren in dieser Jahrgangsstufe Rechnung zu tragen. In der Vorbereitungsphase müssen die Schülerinnen und Schüler daher zum selbstständigen Aufarbeiten der Unterrichtsinhalte (z. B. mit Hilfe von Aufzeichnungen, Protokollen, Fachvokabularlisten etc.) angeleitet und auf die Art der Aufgabenstellungen, Anforderungen und Bewertungskriterien vorbereitet werden.

Die erste Klausur in der Jahrgangsstufe 11 ist im Vergleich zu den später folgenden Klausuren gekennzeichnet durch:

- engere Begrenzung des Stoffgebietes
- weniger komplexes Arbeitsmaterial
- stärkere Untergliederung der Arbeitsaufträge
- differenziertere Angabe von notwendigen Arbeitsschritten.

## Korrektur

Die Korrektur von Klausuren soll Fehler, Mängel und Vorzüge aufzeigen und die Bewertung transparent machen. Sie bietet den Schülerinnen und Schülern damit Hilfen für ihre künftige Arbeit. Darüber hinaus liefert sie eine Entscheidungsgrundlage für die Bewertung und eine Einsicht in den Unterrichtserfolg. Deshalb müssen Fehler und Mängel im Text unterstrichen, am Rand nach Art und Schwere gekennzeichnet und evtl. mit weiteren Bemerkungen versehen werden. Kennzeichen können sein:

- Korrekturzeichen
- Fehlerzeichen
- Randbemerkungen.

Korrekturzeichen kennzeichnen die Art des Fehlers. Fehlerzeichen geben an, mit welchem Gewicht ein Mangel in die Bewertung der Klausur eingegangen ist.

Fehlerzeichen:

- leichter Fehler
- | mittelschwerer Fehler
- + schwerer Fehler

Korrekturzeichen:

- Sa sachlicher Fehler
- D Denkfehler
- Fa Ausdrucksfehler im Bereich der Fachsprache.

Ansonsten gelten die üblichen Korrekturzeichen.

Randbemerkungen sollen in sachlicher Form Hinweise, Anregungen und Erläuterungen geben, sie können auch verwendet werden, um Korrektur- und Fehlerzeichen zu erläutern. Bei intensiver Anwendung können sie eine abschließende Begründung der Note ergänzen, aber nicht ersetzen, da sie nicht ausreichen, den Schülerinnen und Schülern Bewertungsgrundlagen für die Klausurnote kenntlich zu machen.

Bei der Bewertung schriftlicher Arbeiten sind Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der deutschen Sprache und gegen die äußere Form angemessen zu berücksichtigen. Gehäufte Verstöße führen zur Absenkung um eine Notenstufe (APO-GOST § 13.6).

Die Korrektur mündet in eine Begründung der Note, die für jede Klausur von Beginn der Jahrgangsstufe 11 erforderlich ist. Dazu werden die Vorzüge und Mängel der Arbeit knapp dargestellt und gegeneinander abgewogen. Darüber hinaus können den Schülerinnen und Schülern Informationen über Lernerfolg und Lerndefizite gegeben werden.

## Bewertung

Die Bewertung einer Klausur setzt sich in der Regel aus den Beurteilungen von Teilleistungen zusammen. Die Bewertung der Leistungen richtet sich nach den gestellten Anforderungen und nach der Art der Bearbeitung durch die Schülerinnen

und Schüler. Die Art der Bearbeitung lässt sich nach Qualität, Quantität und Darstellungsvermögen beschreiben.

**Merkmale der Qualität** sind: Erfassen der Aufgabe und ihre zeitökonomische Bewältigung, Genauigkeit der Kenntnisse und Einsichten, Sicherheit in der Beherrschung der Methoden und der Fachsprache, Stimmigkeit und Differenziertheit der Aussage, Herausarbeitung des Wesentlichen, Anspruchsniveau der Problemerkennung.

**Merkmale der Quantität** sind: Umfang der Kenntnisse und Einsichten, Breite der Argumentationsbasis, Vielfalt der Aspekte und Bezüge.

Das **Darstellungsvermögen** der Schülerinnen und Schüler erweist sich in der Fähigkeit, sich in einer angemessenen Weise verständlich zu machen. Bei der Bewertung der Leistungen sind daher zu berücksichtigen: Klarheit und Eindeutigkeit der Aussage, Schlüssigkeit der Argumentation, Angemessenheit der Darstellung, Übersichtlichkeit der Gliederung und die inhaltliche Ordnung.

### **Rückgabe der Klausur**

Die Klausuren sind sobald wie möglich zu korrigieren und zu benoten, den Schülerinnen und Schülern zurückzugeben und zu besprechen. Vor der Rückgabe und Besprechung der Klausur oder am Tage der Rückgabe darf im gleichen Kurs keine neue Klausur geschrieben werden.

## **4.2.3 Themenstellung, Korrektur und Bewertung von Facharbeiten**

Anregungen zur Themenstellung für Facharbeiten finden sich in den Schemata zur Strukturierung der Jahrgangsstufen (vgl. Kapitel 2.3). Schülerinnen und Schüler wirken bei der Themenfindung für eine Facharbeit mit. Nach einem Beratungsgespräch trifft die Kurslehrerin bzw. der Kurslehrer die Entscheidung über Themenvergabe und Themenformulierung. Diese muss einen Bezug zu den Themenfeldern des Kurshalbjahres haben und der Schülerin bzw. dem Schüler die Möglichkeit eröffnen, auf der Grundlage von Sach- und Methodenkenntnissen eigenständige Ergebnisse erreichen zu können. Sie bearbeiten das Thema selbstständig und fassen die Arbeit im vorgesehenen Umfang und der entsprechenden Form ab (vgl. Kapitel 3.2.2).

### **Korrektur und Bewertung**

Da die Facharbeit eine Klausur ersetzt, muss sie dem Schwierigkeitsgrad einer Klausur entsprechen. Die Vorgaben zur Korrektur und Bewertung von Klausuren haben daher Gültigkeit. Weiter gehende Bewertungskriterien sind den Schülerinnen und Schülern vor Arbeitsbeginn vorzustellen. Bei der Bewertung von Facharbeiten sind u.a. folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- inhaltliche und fachmethodische Aspekte:
  - Entfaltung des thematischen Zusammenhanges

- Eingrenzung des Themas und Entwicklung einer zentralen Fragestellung
- gegebenenfalls Umfang und Gründlichkeit der Materialrecherche
- Differenziertheit und Strukturiertheit der inhaltlichen Auseinandersetzung
- Kreativität und Originalität des Lösungsweges
- angemessene Mathematisierung
- Methodendiskussion und kritische Reflexion
- unter sprachlichem Aspekt
  - verständliche Darstellung von Begründungszusammenhängen
  - sinnvolle Einbindung von Zitaten und Materialien in den Text
  - korrekte Anwendung der Grammatik, der Rechtschreibung und der Zeichensetzung
- unter formalem Aspekt
  - äußere Form und Aufbau der Arbeit (vgl. Kapitel 3.2.2)
  - Vollständigkeit der Arbeit
  - Literaturverzeichnis.

Bei Gruppenarbeiten muss sichergestellt werden, dass jede Schülerin und jeder Schüler in jeder Arbeitsphase Beiträge leistet, die in ihrer Gesamtheit den Ansprüchen an eine Einzelarbeit entsprechen. Das heißt, dass alle dort Lernenden einen gekennzeichneten, schriftlichen Beitrag zur Facharbeit leisten. Darüber hinaus kann zur Vergabe individueller Noten auch der Arbeitsprozessbericht herangezogen werden.

Die Fachlehrerin bzw. der Fachlehrer korrigiert die Facharbeit entsprechend den für Klausuren geltenden Regeln vor dem Ende des jeweiligen Halbjahres, bewertet sie mit einem Gutachten unter Berücksichtigung der o. a. weiteren Kriterien, erteilt eine Leistungsnote und gibt die Arbeit zurück.

## **4.3 Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“**

### **4.3.1 Allgemeine Hinweise**

Dem Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ kommt der gleiche Stellenwert zu wie dem Beurteilungsbereich Klausuren. Im Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ sind alle Leistungen zu werten, die eine Schülerin bzw. ein Schüler im Zusammenhang mit dem Unterricht mit Ausnahme der Klausuren und der Facharbeit erbringt.

Dazu gehören Beiträge zum Unterrichtsgespräch, die Leistungen in Hausaufgaben, Referaten und Protokollen, schriftliche Übungen, sonstige Präsentationsleistungen, Beteiligung bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Versuchen, die Mitarbeit in Projekten und schriftliche Arbeiten, die in Form und Inhalt einer Facharbeit entsprechen.

Die Schülerinnen und Schüler sollen im Bereich der „Sonstigen Mitarbeit“ auch auf die mündliche Prüfung und deren Anforderungen vorbereitet werden.

Die folgenden Abschnitte beschreiben die angegebenen Formen und zeigen deren Bedeutung im Rahmen kontinuierlicher Lernerfolgsüberprüfungen auf.

### **4.3.2 Anforderungen und Kriterien zur Beurteilung der Leistungen im Bereich „Sonstige Mitarbeit“**

#### **Beiträge zum Unterrichtsgespräch**

Beiträge zur mündlichen Schülerleistung sollten nicht punktuell benotet, sondern über einen längeren Zeitraum beobachtet und bewertet werden. Dazu gehören:

- Wiedergabe von chemischem Basiswissen
- Reorganisation von bekannten Inhalten, Ergebnissen und Methoden
- Transferleistungen
- Finden und Formulieren der sich aus dem Sachverhalt ergebenden neuen Fragestellungen
- Darstellung von sachlogischen Zusammenhängen
- Finden und Begründen von Lösungsvorschlägen
- Aufgreifen von Fremdbeiträgen
- sachliches Argumentieren
- Gebrauch der Fachsprache und sprachliche Verständlichkeit
- Präsentation von Partner- und Gruppenarbeitsergebnissen.

#### **Hausaufgaben**

Hausaufgaben (vgl. Kapitel 3.2.2) werden im Rahmen der „Sonstigen Mitarbeit“ bewertet. Eine regelmäßige Kontrolle ist notwendig. Diese dient der Berichtigung von Fehlern, der Bestätigung konkreter Lösungen sowie der gebührenden Anerkennung eigenständiger Schülerleistungen.

#### **Versuchsvorbereitung, Versuchsdurchführung, Versuchsprotokoll**

Da für die Chemie als Naturwissenschaft das Experiment konstitutiv ist, müssen Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Experimenten auch einen hohen Stellenwert im Unterrichtsgeschehen einnehmen. Dabei ist neben der Überprüfung fachlicher und methodischer Kenntnisse ebenso die Fähigkeit zur selbstständigen Arbeit zu bewerten. Eine Beurteilung ist auch dann möglich, wenn kleine Schülergruppen (2 bis 3 Personen) Versuche außerhalb des Unterrichts planen, vorbereiten und durchführen. Dies gilt insbesondere für Experimente, die im Unterricht einen zu großen Zeitraum einnehmen würden:

- Aufbau von umfangreichen Apparaturen
- Darstellung von Substanzen, die als Ausgangsmaterialien für Untersuchungen im Unterricht dienen (z. B. Farbstoffe für Färbeversuche)
- Vorbereitung von Materialien (z. B. Einstellung von Lösungen für titrimetrische Bestimmungen)

- Bereitstellen von experimentellen Ergebnissen und Messwerten (z. B. Chromatogramme, Messwerte von potentiometrischen und konduktometrischen Titrationsen, Absorptionsspektren, gegebenenfalls Eichkurven für fotometrische Bestimmungen)
- Einsatz des Computers zur Messwerterfassung und Auswertung.

Die Schülerinnen und Schüler berichten im Kursunterricht über die experimentellen Ergebnisse, damit ein einheitlicher Kenntnisstand der Kursteilnehmer gesichert und die Leistung der einzelnen Schülerin bzw. des einzelnen Schülers beurteilt werden kann. In diesem Zusammenhang sei auf das Abfassen von Versuchsprotokollen hingewiesen, welche eine Sonderform der Protokolle darstellen (s. Kapitel 3.2.2).

### **Referat**

Das Thema eines Referates muss aus dem Unterricht erwachsen, eindeutig formuliert und so begrenzt sein, dass es in der vorgesehenen Vorbereitungs- und Vortragszeit bewältigt werden kann. Bei der Vergabe des Referatthemas müssen die Lernenden mit den in Kapitel 3.2.2 vorgestellten Kriterien vertraut sein bzw. vertraut gemacht werden. Für die Anfertigung des Referats sollte ein Zeitraum von zwei Wochen ausreichend sein. Die Vortragszeit sollte in der Regel nicht mehr als 10 bis 15 Minuten betragen. Grundlage für die Benotung ist der gehaltene Vortrag.

### **Protokolle**

Das Anfertigen von Protokollen gehört zum Erlernen studienvorbereitender Arbeitstechniken. Die für den Unterricht in Frage kommenden Protokolltypen sind in Kapitel 3.2.2 beschrieben. Protokolle werden schriftlich angefertigt und können benotet werden.

### **Schriftliche Übungen**

Eine Form der „Sonstigen Mitarbeit“ ist die schriftliche Übung, die benotet wird. Die Aufgabenstellung muss sich unmittelbar aus dem Unterricht ergeben. Sie muss so begrenzt sein, dass für ihre Bearbeitung in der Regel 30 Minuten, bei der Vorlage von Arbeitsmaterialien höchstens 45 Minuten erforderlich sind.

Während die Klausuren den Lernerfolg eines Kursabschnittes überprüfen, bezieht sich die Rückgriffsmöglichkeit der schriftlichen Übungen auf den unmittelbar vorausgegangenen Unterricht. Der Rückgriff sollte in der Regel sechs Unterrichtsstunden nicht überschreiten. Die Fragestellung bezieht sich auf einen den Schülerinnen und Schülern bekannten Aspekt.

Schriftliche Übungen können in Kursen mit und ohne Klausuren geschrieben werden. Das heißt, dass auch Schülerinnen und Schüler, die in einem Kurs Klausuren schreiben, nicht von einer angesetzten schriftlichen Übung befreit sind.

Im Chemieunterricht können z. B. folgende Aufgabenstellungen Gegenstand einer schriftlichen Übung sein:

- Wiedergabe von zusammenhängenden Fachinhalten und -methoden
- Bearbeitung von überschaubaren, materialgebunden Aufgaben (Auswertung von Diagrammen, Aufstellen von Reaktionsgleichungen, Erklärung für den Ablauf einer chemischen Reaktion, Berechnung von Größen)
- Darstellung und Auswertung eines chemischen Experimentes, gegebenenfalls Begründung des Vorgehens.

Somit werden durch schriftliche Übungen auch Arbeitstechniken und Qualifikationen eingeübt, die im ersten Teil der mündlichen Abiturprüfung gefordert werden.

### **Mitarbeit in Projekten**

Die Mitarbeit in Projekten ist in besonderer Weise dazu geeignet, Lernprozesse selbstständig zu planen, zu organisieren und zu steuern (vgl. Kapitel 3.2.3). Dabei ist der Anteil einer jeden Schülerin und eines jeden Schülers am Arbeitsprozess und am Produkt zu bewerten. Um die individuelle Schülerleistung transparent zu machen, eignen sich Arbeitsprozessberichte. Ferner werden die Beobachtungen der Lehrerin beziehungsweise des Lehrers während der Betreuung der Arbeit und gegebenenfalls auch im Kolloquium mit der einzelnen Schülerin, dem einzelnen Schüler relevant.

Kriterien für die Benotung sind:

- Beiträge zum Finden und Formulieren von Projektthemen / von Fragestellungen
- Eigenständige Planung und Organisation von Lösungsstrategien und Lösungsschritten
- Eigeninitiative und Vielfältigkeit in der Informationsbeschaffung
- Finden und Anwenden von geeigneten Kriterien, die für die Auswertung geeignet sind
- Dokumentation der Vorgehensweise und der Ergebnisse
- Zusammenarbeit in der Gruppe während des Arbeitsprozesses.

## 5 Die Abiturprüfung

### 5.1 Allgemeine Hinweise

Es ist spezifische Aufgabe der folgenden Regelungen, das Anforderungsniveau für die Prüfungen im Fach zu beschreiben, die Aufgabenstellung zu strukturieren und eine Beurteilung der Prüfungsleistungen nach verständlichen, einsehbaren und vergleichbaren Kriterien zu ermöglichen.

Entscheidend für die Vergleichbarkeit der Anforderungen ist die Konstruktion der Prüfungsaufgaben, die durch Beschluss der KMK<sup>1)</sup> in allen Bundesländern nach vereinbarten Grundsätzen erfolgen soll. Diese Grundsätze helfen zugleich, die Beurteilung der Prüfungsbedingungen transparent zu machen.

Zu diesen vereinbarten Grundsätzen gehört die Feststellung, dass den Bedingungen einer schulischen Prüfung zur allgemeinen Hochschulreife die bloße Wiedergabe gelernten Wissens ebenso wenig entspricht wie eine Überforderung durch Problemfragen, die von der Schülerin bzw. vom Schüler in der Prüfungssituation nicht angemessen bearbeitet werden können. Der Schwerpunkt der Anforderungen liegt in der Abiturprüfung in Bereichen, die mit selbstständigem Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte sowie Übertragen des Gelernten auf vergleichbare neue Situationen beschrieben werden können.

Die Abiturprüfungsanforderungen sollen deshalb in allen Fächern durch drei Anforderungsbereiche strukturiert werden. Es sind dies:

- |                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| Anforderungsbereich I   | (z. B. Wiedergabe von Kenntnissen) |
| Anforderungsbereich II  | (z. B. Anwenden von Kenntnissen)   |
| Anforderungsbereich III | (z. B. Problemlösen und Werten).   |

Die Anforderungsbereiche sind für die Lehrerinnen und Lehrer als Hilfsmittel für die Aufgabenkonstruktion gedacht.

Sie sollen

- den Lehrerinnen und Lehrern unter Berücksichtigung der Unterrichtsinhalte und ihrer Vermittlung eine ausgewogene Aufgabenstellung erleichtern
- den Schülerinnen und Schülern das Verständnis für die Aufgabenstellungen im mündlichen und schriftlichen Bereich erleichtern und ihnen Bewertungen durchschaubar machen
- die Herstellung eines Konsenses zwischen den Fachlehrerinnen und -lehrern und damit eine größere Vergleichbarkeit der Anforderungen ermöglichen.

---

<sup>1)</sup> Vereinbarung über die einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1. Juli 1979, i. d. F. vom 1. Dezember 1989

## 5.2 Beschreibung der Anforderungsbereiche

In der Abiturprüfung sollen die Kenntnisse und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler möglichst differenziert erfasst werden. Hierbei sind die mit den Aufgaben verbundenen Erwartungen drei Anforderungsbereichen bzw. Leistungsniveaus zuzuordnen, die im Folgenden beschrieben sind.

### Anforderungsbereich I

Der Anforderungsbereich I umfasst

- die Wiedergabe von Sachverhalten (Daten, Fakten, Regeln, Formeln, Gesetze, Aussagen) aus einem abgegrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang
- die Beschreibung und Verwendung gelernter und geübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenzten Gebiet und in einem wiederholenden Zusammenhang.

Dazu kann gehören:

1. Wiedergeben von Daten und Fakten sowie von Stoffnamen und Stoffeigenschaften, Begriffen, Größen und Einheiten und ihren Definitionen
2. Wiedergeben von Gesetzen, chemischen Formeln, Reaktionen und Reaktionsgleichungen, Modellvorstellungen, Stoffklassen und Strukturtypen
3. Wiedergeben von im Unterricht eingehend erörterten Fragestellungen und Zusammenhängen
4. Beschreiben von in der Chemie verwendeten Verfahren und Experimentier-techniken
5. Kennen möglicher Gefahren, die mit der Herstellung und Anwendung bestimmter Stoffe in Labor, Industrie, Wirtschaft und im Alltag verbunden sind
6. sicheres Handhaben von gebräuchlichen Laborgeräten und Chemikalien
7. Aufbauen von Apparaturen nach Anweisung oder aus der Erinnerung
8. Durchführen von Versuchen nach geübten Verfahren mit bekannten Geräten
9. Protokollieren einer Versuchsdurchführung, ggf. mit Versuchsskizze
10. Aufnehmen und Darstellen von Messergebnissen in Form von Tabellen oder in einer Grafik auf eine im Unterricht behandelte Weise
11. Durchführen einfacher Rechnungen
12. Beschreiben von Beobachtungen
13. Entnehmen von Daten und Informationen aus Tabellenwerken und aus der Fachliteratur
14. Beschreiben von aus dem Unterricht bekannten, fachübergreifenden Zusammenhängen
15. Wiedergeben der Bedeutung wichtiger Stoffe, Reaktionen und Verfahren in wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht.

## **Anforderungsbereich II**

Der Anforderungsbereich II umfasst

- selbstständiges Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang
- selbstständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare neue Situationen, wobei es entweder um veränderte Fragestellungen oder um veränderte Sachzusammenhänge oder um abgewandelte Verfahrensweisen gehen kann.

Dazu kann gehören:

1. sachgerechtes Wiedergeben von komplexen chemischen Zusammenhängen
2. Zuordnen beobachteter oder vorgegebener chemischer Reaktionen zu einzelnen Reaktionstypen, die im Unterricht behandelt wurden
3. Verbalisieren von qualitativen und quantitativen Versuchsergebnissen und Gesetzen
4. Erläutern von Zusammenhängen zwischen Daten, Phänomenen und Modellen an vorgegebenen Beispielen bei vertrauter Aufgabenstruktur
5. Anwenden von chemischen Begriffen, Modellvorstellungen und Gesetzen zur Lösung von Fragen, die im Unterricht an analogen Beispielen behandelt wurden
6. Übertragen von im Unterricht behandelten Gesetzmäßigkeiten der Wechselwirkungen zwischen Teilchen auf beobachtete oder vorgegebene Vorgänge und Erscheinungen; Formulieren der entsprechenden Reaktionsgleichungen
7. Planen von einfachen Versuchen zur Lösung vorgegebener Fragestellungen; Durchführen selbstgeplanter Experimente
8. Auswerten von Beobachtungen und Messergebnissen nach bekanntem Muster
9. Erörtern von Fehlerquellen; Einschätzen der Messgenauigkeit verwendeter Geräte
10. Interpretieren von Tabellen und grafischen Darstellungen mit Methoden, die im Unterricht behandelt wurden
11. Anwenden von elementaren mathematischen Beziehungen auf einfache chemische Sachverhalte
12. Anwenden des im Unterricht vermittelten chemischen Grundwissens auf Umweltprobleme und technische Prozesse
13. sachverständiges Wiedergeben von Berichten und Veröffentlichungen über chemische und fachübergreifende Inhalte.

## **Anforderungsbereich III**

Der Anforderungsbereich III umfasst planmäßiges Verarbeiten komplexer Gegebenheiten mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Begründungen, Wertungen zu gelangen. Dabei werden aus den gelernten Methoden oder Lösungsverfahren die zur Bewältigung der Aufgabe geeigneten selbstständig ausgewählt oder einer neuen Problemstellung angepasst.

Dazu kann gehören:

1. Finden und Formulieren der sich aus einem Sachverhalt ergebenden neuen Fragestellungen
2. eigenständiges Finden und Anwenden der zur Problemlösung erforderlichen Methoden und Verfahren
3. Auswählen und Verknüpfen von bekannten Daten, Fakten und Gleichungen bei neuartiger Aufgabenstruktur
4. Deuten von bisher nicht im Unterricht behandelten Beobachtungen und Versuchsergebnissen
5. Auffinden von bekannten Wechselbeziehungen zwischen Stoffeigenschaften und Molekülstrukturen an im Unterricht nicht behandelten Stoffen
6. Aufstellen von begründeten Voraussagen über Eigenschaften und Reaktionsverhalten ausgewählter Stoffe
7. Zerlegen komplexer chemischer Reaktionsabläufe in ihre Einzelelemente
8. Entwickeln alternativer Lösungsvorschläge, wenn dieses in der Aufgabenstellung gefordert wird
9. Überprüfen und Beurteilen der Stimmigkeit eines Argumentationszusammenhanges in einem vorgegebenen Text aus der Sicht der Chemie
10. Planen (und gegebenenfalls Durchführen) von Experimenten zu vorgegebenen oder selbst gefundenen Fragestellungen
11. Auffinden, Darstellen und Bewerten von fachübergreifenden Aspekten, z. B. aus der Biologie, Ökologie, Medizin, Technik, Wirtschaft unter chemischen Gesichtspunkten
12. kritische Beurteilung von chemischen Sachverhalten, Forschungsvorhaben, Produktionsprozessen, auch unter ethischen Gesichtspunkten.

### **5.3 Die schriftliche Abiturprüfung**

Zur Art der Aufgabenstellung, zur Vorlage der Aufgabenvorschläge bei der oberen Schulaufsichtsbehörde, zur Korrektur und Bewertung der schriftlichen Arbeiten gelten grundsätzlich die §§ 32 bis 34 der APO-GOST und die entsprechenden Verwaltungsvorschriften.

Die Aufgabenstellung für Leistungskurse muss den Anforderungen gerecht werden, die sich aus der Definition der Leistungskurse (vgl. Kapitel 3.3) ergeben. Die Fragestellung muss eine systematische und komplexe Auseinandersetzung mit einer Aufgabe ermöglichen, den Nachweis einer vertieften Beherrschung der fachlichen Methoden sowie eine reflektierte Einordnung der Fragestellung in größere Zusammenhänge einfordern.

#### **5.3.1 Aufgabenarten der schriftlichen Abiturprüfung**

Für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Chemie sind wie bei Klausuren (vgl. Kapitel 4.2.2) folgende Aufgabenarten zulässig:

1. Durchführung und Bearbeitung eines Schülerexperimentes
2. Bearbeitung eines Demonstrationsexperimentes

3. Bearbeitung einer Aufgabe, die auf sonstigen fachspezifischen Vorgaben basiert. Die Inhalte dieser Vorgaben können z. B. vermittelt werden in Form von Beschreibungen nicht vorgeführter Experimente, Texten, Bildern, Filmen, Tabellen, Graphen, Messreihen.

Aufgaben mit Experiment werden im besonderen Maße den Zielsetzungen des Chemieunterrichts gerecht. Dies gilt auch für Aufgaben, in denen Schülerinnen und Schüler Experimente zur Überprüfung von Hypothesen vorschlagen und planen.

Mischformen der genannten Aufgabenarten sind möglich. Den Aufgabenarten ist gemeinsam, dass sie von fachspezifischen Vorgaben ausgehen. Solche materialgebundenen Aufgaben gewährleisten eine sachbezogene Argumentation. Eine ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgabenstellung, d.h. eine Aufgabe ohne Materialbezug, ist nicht zulässig.

Für Abituraufgaben im Leistungs- und Grundkursbereich gibt es keine prinzipiellen Unterschiede, sehr wohl aber solche hinsichtlich Umfang, Komplexität, Abstraktion der Inhalte und Begriffe, Anspruch an Methodenbeherrschung und Grad der selbstständigen Problemlösung.

Eine Prüfungsaufgabe für die schriftliche Abiturprüfung erreicht grundsätzlich dann ein angemessenes Niveau, wenn sie sich auf alle drei in Kapitel 5.2 beschriebenen Anforderungsbereiche erstreckt. Hierbei soll der Schwerpunkt der zu erbringenden Leistungen im Anforderungsbereich II liegen. Anforderungsbereich I und III müssen angemessen berücksichtigt werden, wobei der Anteil des Bereiches I deutlich größer als der des Bereiches III sein soll.

### **5.3.2 Einreichen von Prüfungsvorschlägen**

- (1) Im Fach Chemie legt die Kurslehrerin oder der Kurslehrer der oberen Schulaufsicht zwei Prüfungsvorschläge mit je zwei Aufgaben einschließlich der Genehmigungsunterlagen für die schriftliche Abiturprüfung vor, von denen die obere Schulaufsichtsbehörde einen Vorschlag auswählt. Die der Schulaufsicht vorzulegenden Vorschläge müssen sich insgesamt auf die Ziele, Problemstellungen, Inhalte und Methoden der vier Halbjahre der Qualifikationsphase beziehen. Der von den Prüflingen zu bearbeitende Vorschlag muss sich dabei in der Breite der Ziele, Problemstellungen, Inhalte und Methoden mindestens auf zwei Kurs-halbjahre (vgl. APO-GOST § 33 Abs. 1) und zwei Themenfelder beziehen. Die Prüfungsanforderungen in jeder Prüfungsaufgabe müssen den Bedingungen des § 22 Abs. 1 APO-GOST entsprechen. In der Abiturprüfung sollen die Prüflinge insbesondere nachweisen, dass sie grundlegende Kenntnisse und Einsichten in ihre Prüfungsfächer erworben haben und fachspezifische Denkweisen und Methoden selbstständig anwenden können.
- (2) Den Prüfungsvorschlag macht die Fachlehrerin oder der Fachlehrer der Jahrgangsstufe 13/II, gegebenenfalls unter Beteiligung der Kurslehrerinnen und -lehrer, von denen die Schülerinnen und Schüler in den Jahrgangsstufen 12

und 13 im Fach unterrichtet worden sind. Für Schülergruppen mit unterschiedlichen Kursvoraussetzungen sind Vorschläge für jede Schülergruppe gesondert vorzulegen.

- (3) Das Anspruchsniveau der Vorschläge muss gleichwertig sein; die beiden Vorschläge dürfen nicht zu ähnlich sein. Ebenso müssen die beiden Aufgaben eines jeden Vorschlages in etwa gleichwertig sein.
- (4) Die Aufgabenart (vgl. Kapitel 5.3.1) ist jeweils anzugeben. Die Aufgaben müssen eindeutig formuliert, klar umgrenzt und in der vorgesehenen Zeit zu bearbeiten sein. Sie dürfen einer bereits bearbeiteten Aufgabe nicht so nahe stehen oder im Unterricht so vorbereitet sein, dass ihre Bearbeitung keine selbstständige Leistung erfordert. Die Aufgaben müssen ein den Grund- bzw. Leistungskursen angemessenes Anforderungsniveau besitzen. Die einzelnen Arbeitsaufträge müssen sich im Wesentlichen auf das Material beziehen und in einem inneren Zusammenhang stehen. Die Abhängigkeit darf jedoch nicht so beschaffen sein, dass das Versagen bei der Lösung einer Teilaufgabe die Bearbeitung wesentlicher Teile der Gesamtaufgabe unmöglich macht. Umfang und Art der geforderten Bearbeitung muss den Prüflingen durch klar formulierte, untergliederte Arbeitsaufträge deutlich werden. Die Art der zu erbringenden Leistung ist dabei zu charakterisieren (z. B. Beschreiben, Begründen, Auswerten etc.). Eine zu starke Aufschlüsselung ist mit den oben genannten Anforderungen an eine Prüfungsaufgabe nicht vereinbar.
- (5) Dem Prüfungsvorschlag sind beizufügen
  - eine kurz gefasste konkrete Beschreibung der erwarteten Schülerleistung (Lösungsweg und Ergebnis). In dem Erwartungshorizont sind die konkreten Kriterien zu nennen, die der Bewertung zu Grunde liegen (vgl. Kapitel 4.2.2, Bewertung).
  - Angabe der konkreten unterrichtlichen Voraussetzungen
  - eine Zuordnung der Anforderungsbereiche zu den Lösungsschritten eines Arbeitsauftrags.
  - eine hinreichend detaillierte Angabe über die Unterrichtsreihen in der Qualifikationsphase.
  - die Erklärung der Fachlehrerin oder des Fachlehrers, dass das Notwendige für die Geheimhaltung veranlasst wurde.
  - eine Beschreibung der Experimente und ihrer Ergebnisse für den Fall, dass sie in Aufbau und Ablauf aus der Aufgabe nicht erkennbar sind.
- (6) Die für die Aufgabe vorgesehenen Hilfsmittel und Erläuterungen für die Prüflinge sowie die vorgelegten Materialien sind der jeweiligen Aufgabe beizufügen (vgl. Kapitel 4.2.2). Generell zugelassene Hilfsmittel, wie z. B. Taschenrechner, werden am Schluss eines jeden Vorschlages angegeben.
- (7) Zur Durchführung von Schülerexperimenten kann im Fach Chemie auf Antrag die Arbeitszeit durch die obere Schulaufsichtsbehörde um höchstens 30 Minuten verlängert werden.

- (8) Die Arbeitszeit beginnt unmittelbar, nachdem die Aufgaben vorgelegt und niedergeschrieben worden sind oder ein Lehrerversuch beendet worden ist, d.h., bei Demonstrationsversuchen beginnt die Arbeitszeit der Prüflinge nach Vorführung des Experiments durch die Lehrerin bzw. den Lehrer. Bei Schülerversuchen schließt die Arbeitszeit das Experimentieren mit ein.
- (9) Bei Aufgabenstellungen, die umfangreiche Vorbereitungen zwingend erfordern, kann die Schulaufsicht auf Antrag der Fachlehrerin bzw. des Fachlehrers der Schulleiterin bzw. dem Schulleiter gestatten, den Umschlag am Kalendertag vor der betreffenden Prüfung in Anwesenheit der Fachlehrerin bzw. des Fachlehrers zu öffnen.

### 5.3.3 Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistungen

Die schriftliche Prüfungsarbeit wird von der zuständigen Fachlehrkraft korrigiert, begutachtet und anschließend mit einer Note bewertet (§ 34 Abs. 1 APO-GOST). Das Gutachten muss

- Bezug nehmen auf die im Erwartungshorizont beschriebenen Kriterien, das heißt, es muss zu den erwarteten Teilleistungen deutliche Aussagen machen
- neben den inhaltlichen auch die methodischen Leistungen und den Grad der Selbstständigkeit bewerten
- Aussagen zum Anforderungs-/Leistungsniveau machen (Anforderungsbereiche I bis III)
- Aussagen zur Sprachrichtigkeit enthalten (§ 13 Abs. 6 APO-GOST).

Der Zweitkorrektor korrigiert die Arbeit ebenfalls (§ 34 Abs. 2 APO-GOST); er schließt sich der Bewertung begründet an oder fügt eine eigene Beurteilung und Bewertung an.

- (1) Die zuständige Fachlehrerin oder der Fachlehrer korrigiert die Abiturarbeit nach den in Kapitel 4.2.2 dargelegten Kriterien, stellt in einem Gutachten die Vorzüge und Mängel der Arbeit fest und bewertet die Arbeit abschließend mit einer Note, der gegebenenfalls eine Tendenz beizufügen ist.  
Die Korrektur der Prüfungsarbeit unterscheidet sich von der Korrektur einer Klausur dadurch, dass pädagogische Hinweise für die Schülerinnen und Schüler entfallen. Korrektur und Notenbegründung müssen für den Korreferenten und die Fachaufsicht einsichtig sein.
- (2) Die Note „ausreichend“ soll erteilt werden, wenn die Leistung zwar Mängel aufweist, aber im Ganzen den Anforderungen noch entspricht. Nach der Vereinbarung der Länder über die „Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung“ ist dies im Fach Chemie der Fall, wenn die Prüflinge annähernd die Hälfte der erwarteten Gesamtleistung erbracht haben. Oberhalb und unterhalb dieser Schwelle sollen die Anteile der erwarteten Gesamtleistung den einzelnen Notenstufen jeweils ungefähr linear zugeordnet werden, um zu sichern, dass mit der Bewertung die gesamte Breite der Skala ausgeschöpft werden kann.

Die Note „gut“ wird erteilt, wenn der Prüfling in Bezug auf Qualität, Quantität und Darstellungsvermögen (siehe Kapitel 4.2.2 „Bewertung“) mindestens drei Viertel der erwarteten Gesamtleistung erbringt.

### 5.3.4 Beispiele für Prüfungsaufgaben in der schriftlichen Abiturprüfung

#### I) Beispiel für eine Abituraufgabe im Grundkurs

##### *Bearbeitung fachspezifischer Vorgaben*

##### a) Fachspezifische Vorgaben:

Ein einfaches Verfahren zur Herstellung eines fotografischen Schattenbildes, eines Fotogramms, ist in Abb. 1 dargestellt. Es kommen die üblichen Fotochemikalien wie z. B. Hydrochinon als Entwickler und Natriumthiosulfat als Fixierer zum Einsatz.

Abb. 2 zeigt eine Möglichkeit zur Aufarbeitung von Fixierbadflüssigkeiten.

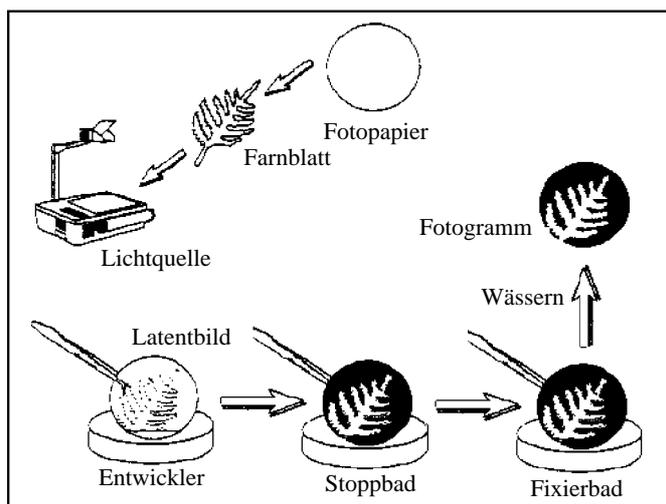


Abb. 1: Herstellung eines Fotogramms

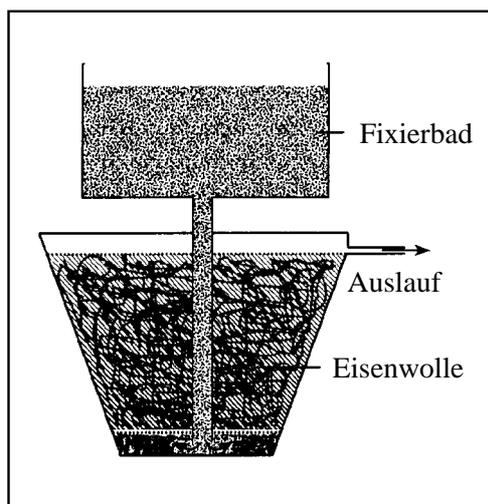


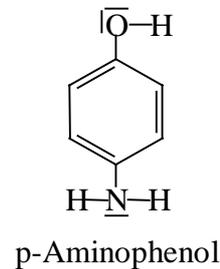
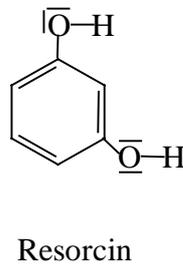
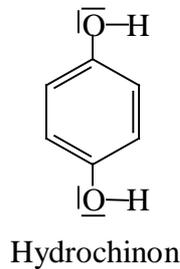
Abb. 2: Gefäß zur Sammlung und Aufarbeitung von Fixierbadflüssigkeit

##### b) Arbeitsaufträge:

1. Erläutern Sie die Schritte zur Herstellung eines Fotogramms im Zusammenhang, und gehen Sie – ohne Reaktionsgleichungen zu formulieren – auf die chemischen Vorgänge ein!
2. Charakterisieren Sie die drei unter c) aufgeführten Verbindungen, und erklären Sie am Beispiel von Hydrochinon die Wirkung eines Entwicklers in alkalischer Lösung!
3. Begründen Sie unter Verwendung von Strukturformeln und Reaktionsgleichungen, warum Resorcin als Entwickler ungeeignet ist, p-Aminophenol jedoch verwendet werden kann!
4. Erklären Sie den Prozess der Aufarbeitung der Fixierbadflüssigkeit (Abb. 2) unter Angabe von Reaktionsgleichungen, und erläutern Sie die Bedeutung des Prozesses!

### c) Zusatzinformationen:

#### 1. Strukturformeln



#### 2. Standard-Elektrodenpotentiale

$$U^{\circ}(\text{Ag}/\text{Ag}^+) = 0,81 \text{ V}$$

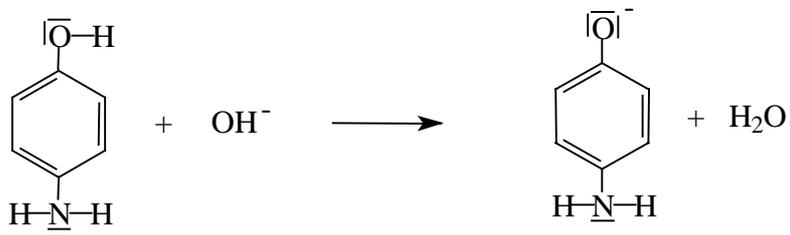
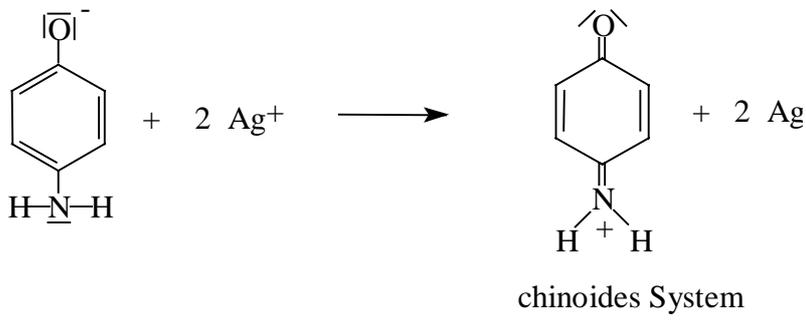
$$U^{\circ}(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) = -0,44 \text{ V}$$

#### Konkrete unterrichtliche Voraussetzungen:

Die Voraussetzungen zur Bearbeitung der Aufgabe wurden in den Jahrgangsstufen 12 bei der Behandlung des Themenfeldes „Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie“ und in der Jahrgangsstufe 13 bei der Behandlung des Themenfeldes „Farbstoffe und Farbigkeit“ unter Einbeziehung des Theoriekonzeptes „Das aromatische System“ sowie des Themenfeldes „Weiterentwicklung und Optimierung eines Anwendungsproduktes“ geschaffen. Hier wurde eine Unterrichtsreihe „Der fotografische Prozess und die Optimierung der verwendeten Chemikalien“ durchgeführt. Der Aufbau von Schwarzweißfilmen und von Fotopapier wurde behandelt, der fotografische Prozess im Unterricht praktisch durchgeführt und die chemischen Reaktionen besprochen, die der Entwicklung und Fixierung des Bildes zugrunde liegen. Als Beispiel für aromatische Systeme wurden Benzol und Phenol behandelt. Dabei konnten auch die sauren Eigenschaften von Phenolderivaten experimentell ermittelt und theoretisch begründet werden. Als Entwickler wurde Hydrochinon verwendet; die Nichteignung von Resorcin als Entwicklersubstanz wurde im Experiment demonstriert und theoretisch erklärt. Aminophenole wurden weder als Stoffgruppe, noch als Entwicklersubstanzen im Unterricht behandelt. Nach Einführung der Standard-Elektrodenpotentiale in der Jahrgangsstufe 12 konnten sie auch zur Vorhersage des Ablaufes von Redoxreaktionen herangezogen werden. Das in Abb. 2 dargestellte Verfahren ist im Unterricht nicht behandelt worden; ökonomische und ökologische Aspekte chemischer Verfahren wurden jedoch im Laufe der Qualifikationsphase immer wieder thematisiert.

**Konkrete Beschreibung der zu erwartenden Schülerleistungen:**

Arbeitsauftrag	Erwartete Schülerleistung	AFB
1.	<p>Beschaffenheit der lichtempfindlichen Schicht eines Fotopapiers: Silberhalogenid/Gelatine-Emulsion. <i>Belichtung</i>: Durch Reduktion von Silberionen entstehen Silberkeime an den belichteten Stellen (latentes Bild). <i>Entwicklung</i>: Der Entwickler reduziert im basischen Medium die belichteten Silberhalogenidkeime. <i>Stopppad</i>: Der Entwicklungsprozess wird durch die im Stopppad enthaltene Säure beendet. <i>Fixierung</i>: Restliches Silberhalogenid wird komplex gelöst. <i>Wässern</i>: Lösliche Silbersalzkomplexe und restliche Fixierflüssigkeit werden ausgewaschen.</p>	I/II
2.	<p>Die drei angegebenen Verbindungen sind Phenolderivate, deren Hydroxylgruppen saure Eigenschaften zeigen.            Hydrochinon = p-Hydroxyphenol bzw. 1,4-Dihydroxybenzol            Resorcin = m-Hydroxyphenol bzw. 1,3-Dihydroxybenzol            p-Aminophenol = p-Aminohydroxybenzol bzw. 4-Aminophenol;            Die Hydroxylgruppe besitzt saure, die Aminogruppe basische und das Gesamtmolekül somit amphotere Eigenschaften.</p> <p>Wirkung von Hydrochinon als Entwickler:</p> $  \begin{array}{c} \text{HO} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{HO} \end{array} + 2 \text{OH}^- \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O}^- \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{O}^- \end{array} + 2 \text{H}_2\text{O}  $ $  \begin{array}{c} \text{O}^- \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{O}^- \end{array} + 2 \text{Ag}^+ \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ // \\ \text{O} \end{array} + 2 \text{Ag}  $ <p style="text-align: center;">Benzochinon</p>	II I II I

<p>3.</p>	<p>Bei Resorcin kann auf Grund der m-Stellung der Hydroxylgruppen kein chinoides System ausgebildet werden. Dies ist bei p-Aminophenol dagegen möglich, deshalb ist diese Substanz als Entwickler geeignet.</p> <div style="text-align: center;">  <p> <chem>Nc1ccc(O)cc1.[OH-]&gt;&gt;[O-]c1ccc(N)cc1.O</chem> </p> </div> <div style="text-align: center;">  <p> <chem>[O-]c1ccc(N)cc1.[Ag+].[Ag+]&gt;&gt;O=C1C=CC(=O)N1.[Ag].[Ag]</chem> </p> <p>chinoides System</p> </div>	<p>I III</p>
<p>4.</p>	<p>Im Sammelgefäß kommen die Silberionen aus der Fixierbadflüssigkeit mit Eisenwolle in Kontakt. Da <math>U^\circ(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) &lt; U^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+)</math>, ist Eisen in der Lage Silberionen zu reduzieren. Reaktion im Sammelgefäß:</p> $2 \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s}) \longrightarrow 2 \text{Ag}(\text{s}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ <p>Im Auslauf sind daher Eisenionen enthalten, während elementares Silber im Gefäß verbleibt und aufgearbeitet werden kann. Dieses ist wegen des relativ hohen Silberpreises ökonomisch sinnvoll und aus ökologischen Gründen wegen der Toxizität der Silberionen notwendig.</p>	<p>II</p>

**Verwendete Literatur/Quellenangaben:**

- Heimgärtner, H.: Optimierung eines fotografischen Entwicklers, Praxis der Naturwissenschaften Chemie 7/35 (1986)
- Kubak, W.: Entwicklung von Filmemulsionen und fotografischen Entwicklern, Praxis der Naturwissenschaften Chemie 4/46 (1997)
- Wambach, H. (Hrsg.): Materialienhandbuch Kursunterricht Chemie Bd. 4, Aulis (1994), für Abbildung 2 (verändert)

## II) Beispiel für eine Abituraufgabe im Leistungskurs

### ***Bearbeitung eines Demonstrationsexperimentes und fachspezifischer Informationen***

#### **a) Fachspezifische Vorgaben:**

Bei der Untersuchung chemischer Parameter zur Bestimmung der Gewässergüte eines Baches kommt u.a. der Bestimmung des Nitrit-Gehaltes eine Bedeutung zu, da Nitriten ein wichtiger Indikator für den Verschmutzungsgrad sind.

Für einen qualitativen Nachweis und für eine quantitative Bestimmung eignet sich eine Reaktion, bei der Nitriten ( $\text{NO}_2^-$ ) mit Sulfanilamid und 1-Naphthylamin in saurer Lösung einen Farbstoff bilden. Die Konzentration an Nitriten kann somit kolorimetrisch und/oder fotometrisch bestimmt werden.

#### **Angaben zum Demonstrationsexperiment:**

Verwendet werden sehr stark verdünnte Lösungen von

- Sulfanilamid in Salzsäure (Xi)
- 1-Naphthylamin in Essigsäure (Xn)
- Natriumnitrit in Wasser (T).

Eine Gewässerprobe wurde nach diesem Verfahren fotometrisch auf Nitriten untersucht. Dabei ergab sich ein Extinktionswert von  $E(\text{Gewässerprobe}) = 0,15$ .

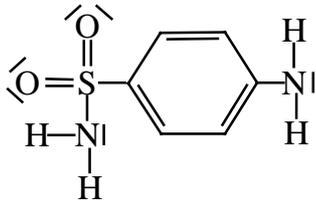
#### **b) Arbeitsaufträge:**

1. Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung, und nennen Sie die Versuchsbeobachtungen!
2. Formulieren Sie die einzelnen Reaktionsgleichungen und den Reaktionsmechanismus für die Synthese des Farbstoffes! Begründen Sie kurz die entscheidenden Schritte!
3. Erläutern Sie das Zustandekommen der Farbe des Farbstoffes mit Hilfe des Absorptionsspektrums und der Tabelle „Wellenlängen und Farben“! Gehen Sie auch auf die molekularen Ursachen der Farbigkeit ein!
4. Beschreiben Sie genau das Vorgehen bei der fotometrischen Nitritbestimmung der Gewässerprobe. Werten Sie den angegebenen Messwert aus!

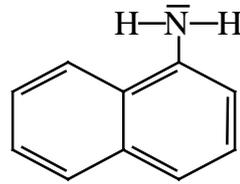
**c) Zusatzinformationen:**

*1. Strukturformeln*

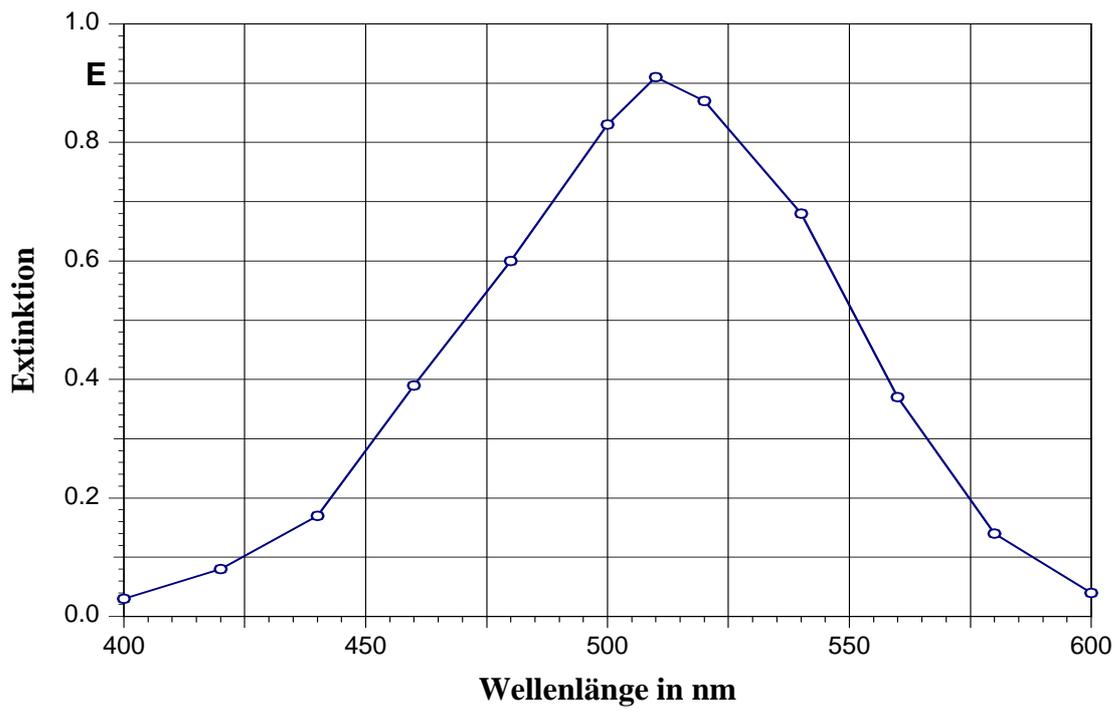
Sulfanilamid



1-Naphthylamin



*2. Absorptionsspektrum der Farbstofflösung*



### 3. Wellenlängen und Farben

Wellenlänge in nm	Spektralfarbe	Komplementärfarbe
400–435	violett	gelbgrün
435–480	blau	gelb
480–490	grünblau	orange
490–500	blaugrün	rot
500–560	grün	purpur
560–580	gelbgrün	violett
580–595	gelb	blau
595–605	orange	grünblau
605–770	rot	blaugrün

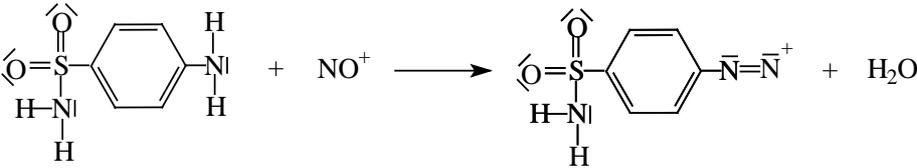
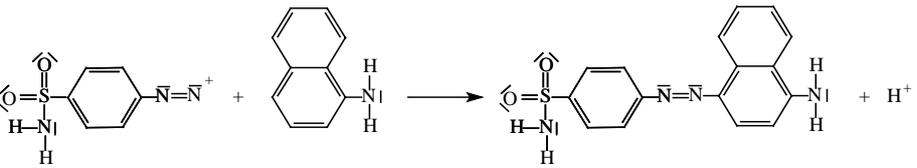
### 4. Wertetabelle zur Erstellung einer Eichkurve

$\beta$ ( $\text{NO}_2^-$ ) in mg/L	1	0,75	0,5	0,25	0,1	0,05
E	0,35	0,26	0,17	0,08	0,03	0,015

#### Konkrete unterrichtliche Voraussetzungen:

Die Aufgabe bezieht sich auf Unterrichtsgegenstände aus den Kurshalbjahren 13/I und 13/II. Im Rahmen des Themenfeldes „Farbstoffe und Farbigkeit“ wurde als Theoriekonzept das aromatische System mit der elektrophilen Substitution behandelt. Die Diazotierung und die Azokupplung wurden bei der Synthese von Azofarbstoffen aus Sulfanilsäure mit verschiedenen Kupplungskomponenten experimentell und theoretisch – mit Reaktionsmechanismen – behandelt. Naphthalin ist als aromatisches System bekannt, ebenso der aktivierende und dirigierende Einfluss der Aminogruppe bei Zweitsubstitutionen. 1-Naphthylamin ist jedoch nicht verwendet worden. Der Zusammenhang zwischen absorbiertem Licht und Farbe wurde durch die Aufnahme und Erklärung von Absorptionsspektren aufgezeigt. Die Farbigkeit von organischen Verbindungen wurde mit Hilfe der Chromophortheorie und des Mesomeriemodells erklärt. Kolorimetrische und fotometrische Bestimmungen werden in der Jahrgangsstufe 13/II im Rahmen des Themenfeldes „Umweltchemie“ bei einem Gewässeruntersuchungsprojekt durchgeführt. Die Bestimmung von Nitriten wird nicht Thema sein. Die Schülerinnen und Schüler müssen zur Lösung der hier vorgelegten Aufgabe Kenntnisse aus beiden Kurshalbjahren miteinander kombinieren. Neu ist insbesondere der Perspektivenwechsel in Bezug auf die Nitriten: Bei der Synthese von Azofarbstoffen waren sie lediglich eine notwendige Chemikalie, hier stehen sie jedoch im Mittelpunkt der Aufgabenstellung.

**Konkrete Beschreibung der zu erwartenden Schülerleistungen:**

Arbeitsauftrag	Erwartete Schülerleistung	AFB
1.	<p>Beschreibung der Versuchsdurchführung: Zu der Gewässerprobe wird die Sulfanilamidlösung und dann die Naphthylaminlösung gegeben.</p> <p>Beobachtungen: Es entwickelt sich langsam eine rote Farbe bis zu einer konstanten Farbintensität nach einer bestimmten Zeit.</p>	I
2.	<p>Erkennen und begründen, dass es sich bei dem entstehenden Farbstoff um einen Azofarbstoff handeln muss, der in folgenden Schritten gebildet wird:</p> <p>1. Bildung des Nitrosyliums aus dem Nitrit in saurer Lösung</p> $\text{NO}_2^- + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{NO}^+ + 3 \text{H}_2\text{O}$ <p>2. Bildung des Diazoniumions aus dem Sulfanilamid und dem Nitrosylium unter Wasserabspaltung</p>  <p>3. Kupplung des Diazoniumions mit 1-Naphthylamin zu einem Azofarbstoff</p>  <p>Darstellung und Erläuterung des Mechanismus der Azokupplung als elektrophile Substitution über <math>\pi</math>- und <math>\sigma</math>-Komplex;</p> <p>Begründung der Kupplung an Position 4 mit Stabilität der <math>\sigma</math>-Komplexe in Position 2 und 4; Begünstigung der Parastellung auf Grund sterischer Einflüsse.</p>	<p>III</p> <p>I</p> <p>II</p> <p>II</p> <p>III</p>



## Anlage

### **Beschreibung des Experiments für die Fachaufsicht:**

50 ml der Gewässerprobe werden mit 1 ml Sulfanilamidlösung versetzt, unter Leitungswasser gekühlt und anschließend mit 1 ml der Naphthylaminlösung versetzt. Die maximale Farbentwicklung benötigt 10 Minuten. Die Farbe ist dann etwa zwei Stunden beständig.

## **5.4 Die mündliche Abiturprüfung**

Für die mündliche Prüfung gelten im Grundsatz die gleichen Anforderungen wie für die schriftliche Prüfung. Sie bezieht sich auf den Unterricht der Qualifikationsphase und darf sich nicht auf die Sachgebiete eines Kurshalbjahres beschränken. Sie darf keine Wiederholung der Inhalte einer anderen in der Qualifikationsphase und im Abiturbereich bereits erbrachten Leistung sein.

Die Prüfung ist insgesamt so anzulegen, dass der Prüfling

- sicheres, geordnetes Wissen
- Vertrautheit mit der Arbeitsweise des Faches
- Verständnis und Urteilsfähigkeit
- selbstständiges Denken
- Sinn für naturwissenschaftliche Zusammenhänge
- Darstellungsvermögen

nachweisen kann.

Der Prüfling soll in einem ersten Teil selbstständig die vorbereitete Aufgabe in zusammenhängendem Vortrag zu lösen versuchen. In einem zweiten Teil sollen vor allem größere fachliche und fachübergreifende Zusammenhänge in einem Prüfungsgespräch angesprochen werden.

### **5.4.1 Aufgabenstellung für den ersten Teil der mündlichen Prüfung**

- (1) Die Aufgabenarten stimmen mit den in Kapitel 5.3.1 für die schriftliche Prüfung genannten überein. Doch ist bei der Aufgabenstellung die zeitliche Begrenzung durch die Dauer der Vorbereitungszeit zu beachten. Sie beträgt in der Regel dreißig Minuten. Der erste Prüfungsteil sollte zehn bis fünfzehn Minuten nicht überschreiten. Die Aufgabe für den ersten Prüfungsteil wird daher Material von geringem Umfang und gegebenenfalls weniger komplexe Arbeitsanweisungen enthalten als die Aufgaben für die schriftliche Prüfung.
- (2) Für jede Prüfung ist den Prüflingen eine für sie neue, begrenzte Aufgabe zu stellen. Eine ausschließlich oder vorrangig auf Reproduktion ausgerichtete Aufgabe entspricht nicht den Prüfungsanforderungen. Die mündliche Prüfung darf keine inhaltliche Wiederholung der schriftlichen Prüfung sein.

Die Aufgaben sollten nicht zu umfangreiche Rechnungen verlangen. Um während der Prüfung langwieriges Abschreiben und Zeichnen zu vermeiden, kann den Prüflingen eine Folie für den Overhead-Projektor zur Verfügung gestellt werden, die dann während der Prüfung projiziert wird.

Die Aufgabe (einschließlich des Materials) wird der Schülerin bzw. dem Schüler schriftlich vorgelegt. Eine inhaltliche Diskussion der Aufgabe findet bei der Aushändigung nicht statt. Die Prüflinge werden nur gefragt, ob sie die Formulierung der Arbeitsaufträge verstanden haben.

- (3) Aufgaben mit **Schülerversuchen** können gestellt werden, wenn die Prüflinge im Unterricht hinreichend Übungsmöglichkeiten hatten. Sie erfordern bei der Vorbereitung besondere Aufmerksamkeit:
- Bei der Vorbereitung im Chemieraum muss eine Fachlehrkraft Aufsicht führen. Dieses muss bei der Gesamtplanung für die Prüfung berücksichtigt und deshalb rechtzeitig vor Erstellung des Organisationsplans der Schulleitung mitgeteilt werden.
  - Die Versuche müssen sicher gelingen können. Geräte und Chemikalien müssen in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, sodass die Schülerin bzw. der Schüler gegebenenfalls das Experiment während der Vorbereitung mehrfach durchführen kann. Versuchsanleitungen, Geräte, Chemikalien müssen erprobt sein. Geräte und Chemikalien (Lösungen) sind so weit wie nötig vorzubereiten. Die geltenden Sicherheitsbestimmungen sind zu beachten.
  - Die Versuche müssen während der Vorbereitungszeit durchgeführt werden. Diese kann dazu angemessen verlängert werden.

Bei Aufgaben mit **Lehrerversuch** muss ein weiteres Mitglied des Fachprüfungsausschusses die Durchführung des Experiments beobachten. Besonderheiten sind im Protokoll zu vermerken.

#### 5.4.2 Aufgabenstellung für den zweiten Teil der mündlichen Prüfung

- (1) Der zweite Teil der Prüfung besteht aus einem Prüfungsgespräch, das vor allem größere fachliche und fachübergreifende Zusammenhänge überprüfen soll. Es ist nicht zulässig, zusammenhanglose Einzelfragen aneinander zu reihen (vgl. § 38.4 APO-GOST). Es würde dem Sinn des zweiten Prüfungsteils widersprechen, wenn der Prüfende den Prüfling unter starker Führung die Lösung der Aufgabe für den ersten Prüfungsteil noch einmal versuchen ließe.
- (2) Bezieht sich die gestellte Aufgabe im ersten Prüfungsteil nur auf die Sachgebiete eines Halbjahres, so muss der zweite Prüfungsteil ein weiteres Halbjahr abdecken. Dabei ist es nicht sinnvoll, im zweiten Prüfungsteil umfangreiche Rechnungen durchführen zu lassen.
- (3) Der zweite Teil der Prüfung sollte etwa die Hälfte der Gesamtprüfzeit in Anspruch nehmen.

### 5.4.3 Bewertung der Prüfungsleistungen

#### Bewertungskriterien

Für die Bewertung der Prüfungsleistungen gelten in der mündlichen Prüfung die gleichen Grundsätze wie für die schriftliche Prüfung (siehe dazu Kapitel 5.3.3 (2)). Die der Prüfungsaufgabe zu Grunde liegenden Anforderungsbereiche sind dabei zu beachten (siehe Kapitel 5.2). Zusätzlich ist die Art, in der die Prüflinge ihre Ergebnisse vorstellen, zu berücksichtigen.

Bei Aufgaben mit Schülerexperimenten kann die Durchführung des Experimentes nicht berücksichtigt werden, da diese in der Vorbereitungszeit stattfindet. Beurteilbar sind nur die Ergebnisse, die gegebenenfalls vorgezeigt werden können, und die Erläuterungen und Deutungen, die die Prüflinge im selbstständigen Vortrag geben.

Für das Prüfungsgespräch im zweiten Teil ergeben sich ergänzende Bewertungskriterien wie z. B.:

- richtiges Erfassen von Fachfragen
- Fähigkeiten, einen chemischen Sachverhalt in korrekter Fachsprache verständlich und im logischen Zusammenhang darzustellen
- Einbringen und Verarbeiten weiterführender Fragestellungen im Verlauf des Prüfungsgesprächs.

### 5.4.4 Beispiel für eine Prüfungsaufgabe in der mündlichen Abiturprüfung

#### *Bearbeitung eines Demonstrationsexperimentes mit Zinkiodidlösung*

##### a) Fachspezifische Vorgaben:

Angaben zum Demonstrationsexperiment:

##### 1. Geräte und Chemikalien:

U-Rohr mit Diaphragma und 2 Graphitelektroden, Gleichspannungsquelle, Voltmeter, Kleinelektromotor, Zinkiodidlösung –  $c(\text{ZnI}_2) = 0,1 \text{ mol/L}$  – mit etwas Stärkelösung versetzt

##### 2. Experimente:

1. Spannungsmessung an den Graphitelektroden in der Zinkiodidlösung
2. Kurzes Anlegen einer Spannung von 5 Volt
3. Spannungsmessung an den Elektroden und Anschließen eines Kleinelektromotors

##### b) Arbeitsaufträge:

1. Fertigen Sie auf der Folie eine schematische, beschriftete Apparaturskizze zu Versuch 2 an, und tragen Sie ihre Versuchsbeobachtungen zu allen Versuchen vor!

2. Deuten Sie Versuch 2 mit den eingeführten Fachbegriffen; geben Sie dabei auch die zugehörigen Reaktionsgleichungen an! Erläutern Sie den Zusammenhang mit Versuch 3!
3. Berechnen Sie die Spannung, die bei Versuch 2 mindestens angelegt werden muss, damit der Vorgang ablaufen kann!
4. Diskutieren Sie die Möglichkeit, dieses System als Akkumulator – evtl. auch im technischen Maßstab – zu verwenden!

**c) Zusatzinformationen:**

Standardelektrodenpotentiale:  $U^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V}$ ;  $U^\circ(2\text{I}^-/\text{I}_2) = 0,54 \text{ V}$

Nernst-Gleichung: 
$$U_{\text{Zelle}} = U^\circ + \frac{0,059}{z} \text{ V} \cdot \lg \frac{c(\text{Ox})}{c(\text{Red})}$$

**Konkrete unterrichtliche Voraussetzungen:**

Die Grundlagen für die Bearbeitung der Aufgaben wurden in der Jahrgangsstufe 12 bei der Behandlung des Themenfeldes „Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie“ gelegt. Im Rahmen der Unterrichtsreihe „Von der Wasserelektrolyse über die Knallgasreaktion zur Brennstoffzelle“ wurden in Schülerübungen einfache Elektrolysen und Elektrolysen mit Konkurrenzreaktionen behandelt. Die Spannung einfacher galvanischer Zellen aus verschiedenen Metall/Metallion-Kombinationen wurde in Schülerversuchen gemessen und die Additivität der Spannungen festgestellt. Das Zustandekommen der Spannung wurde durch das Modell der elektrochemischen Doppelschicht und die unterschiedliche Lage der elektrochemischen Gleichgewichte erklärt. Nach Vorstellung der Standard-Wasserstoffelektrode konnten mit den tabellierten Standard-Elektrodenpotentialen die Spannungen verschiedener galvanischer Zellen – auch mit Nichtmetallelektroden ( $2 \text{ Cl}^-/\text{Cl}_2$  und  $2 \text{ Br}^-/\text{Br}_2$ ) – berechnet werden. Die Konzentrationsabhängigkeit wurde am Beispiel von Silberkonzentrationszellen experimentell untersucht und auf Nichtmetallhalbzellen übertragen. Die Nernst-Gleichung wurde dann in allgemeiner Form vorgestellt und zu Potentialberechnungen einfacher galvanischer Zellen mit unterschiedlichen Konzentrationen herangezogen. Im Schülerversuch wurde eine Stromstärke-Spannungskurve bei der Elektrolyse von Salzsäure aufgenommen, erklärt und auf die Kochsalzelektrolyse übertragen. Probleme der Speicherung und Nutzung elektrischer Energie wurden – zum Teil in Schülerreferaten – bei der Behandlung der Taschenlampenbatterie, der Autobatterie und der Brennstoffzelle bearbeitet.



	$U_{\text{Don}} = U(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}); c(\text{Zn}^{2+}) = 0,1 \text{ mol/L}$ $= -0,76 \text{ V} + \frac{0,059}{2} \text{ V} \cdot \lg 10^{-1}$ $= -0,790 \text{ V}$ $U_{\text{Zelle}} = 0,581 \text{ V} - (-0,790 \text{ V})$ $= 1,371 \text{ V}$	
4.	<p>Die Vorgänge sind am Minuspol vollständig reversibel, am Pluspol diffundiert gebildetes Iod von der Elektrode weg, so dass keine vollständige Reversibilität vorliegt. Nur wenn man dieses Problem lösen kann, lässt sich das System als Akkumulator betreiben.</p> <p>Das Laden kann z. B. durch ein Windrad mit Generator oder durch Solarzellen erfolgen; es muss nur eine Ladespannung von etwa 1,5 Volt erreicht werden.</p>	III

**Verwendete Literatur:**

Sumfleth E., Bergmann D., Dannat P.: Ein Unterrichtsvorschlag zum Thema Elektrochemie für die Sekundarstufe II, MNU 43 (1990), S. 31–40

**5.5 Bewertung der besonderen Lernleistung**

Die Absicht, eine besondere Lernleistung (siehe Kapitel 3.2.4) zu erbringen, muss spätestens am Ende der Jahrgangsstufe 12 bei der Schule bzw. bei der Schulleiterin oder beim Schulleiter angezeigt werden. Die Schulleitung entscheidet in Abstimmung mit der Lehrkraft, die als Korrektor vorgesehen ist, ob die beantragte Arbeit als besondere Lernleistung zugelassen werden kann. Die Arbeit ist nach den Maßstäben und dem Verfahren für die Abiturprüfung zu korrigieren und zu bewerten. In einem Kolloquium, das im Zusammenhang mit der Abiturprüfung nach Festlegung durch die Schule stattfindet, stellt der Prüfling vor einem Fachprüfungsausschuss die Ergebnisse der besonderen Lernleistung dar, erläutert sie und antwortet auf Fragen. Die Endnote wird auf Grund der insgesamt in der besonderen Lernleistung und im Kolloquium erbrachten Leistungen gebildet; eine Gewichtung der Teilleistungen findet nicht statt. Bei Arbeiten, an denen mehrere Schülerinnen und Schüler beteiligt sind, muss die individuelle Schülerleistung erkennbar und bewertbar sein.

## 6 Hinweise zur Arbeit mit dem Lehrplan

### Aufgaben der Fachkonferenzen

Nach § 7 Abs. 3 Nr. 1 des Schulmitwirkungsgesetzes entscheidet die Fachkonferenz über

- Grundsätze zur fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit sowie über
- Grundsätze zur Leistungsbewertung.

Die Beschlüsse der Fachkonferenz gehen von den im vorstehenden Lehrplan festgelegten obligatorischen Regelungen aus und sollen die Vergleichbarkeit der Anforderungen sicherstellen. Hierbei ist zu beachten, dass die Freiheit und Verantwortung der Lehrerinnen und Lehrer bei der Gestaltung des Unterrichts und der Erziehung durch Konferenzbeschlüsse nicht unzumutbar eingeschränkt werden dürfen (§ 3 Abs. 2 SchMG).

Die Fachkonferenz berät und entscheidet z. B. in den folgenden Bereichen:

- Präzisierung der fachlichen Obligatorik und Maßnahmen zur Sicherung der Grundlagenkenntnisse
- Absprachen zu den fachspezifischen Grundlagen der Jahrgangsstufe 11, z. B.
  - zum Atom- und Bindungsmodell
  - zu Art und Umfang von Berechnungen mit den Größen Stoffmenge, molare Masse, Stoffmengenkonzentration
  - zum Umfang der Berechnungen zum Massenwirkungsgesetz
- Absprachen über die konkreten fachspezifischen Methoden und die konkreten Formen selbstständigen Arbeitens
- Absprachen über den Rahmen von Unterrichtssequenzen
- Absprachen über die Formen des fachübergreifenden Arbeitens und den Beitrag des Faches zu fächerverbindendem Unterricht
- Koordination des Einsatzes von Facharbeiten
- Absprachen zur besonderen Lernleistung.

Die Fachkonferenz legt durch Beschluss fest<sup>1)</sup>, in welcher Reihenfolge in der Jahrgangsstufe 12 die Themenfelder zu behandeln sind.

### Grundsätze zur Leistungsbewertung

Grundsätze und Formen der Lernerfolgsüberprüfung sind in Kapitel 4 behandelt worden. Es ist die Aufgabe der Fachkonferenz, diese Grundsätze nach einheitlichen Kriterien umzusetzen<sup>1)</sup>.

Beschlüsse beziehen sich auf

- den breiten Einsatz von Aufgabentypen

---

<sup>1)</sup> Kooperieren Schulen im Fach Chemie, so sind die oben genannten konkreten Absprachen mit allen Fachkonferenzen des Faches Chemie zu treffen

- das Offenlegen und die Diskussion der Bewertungsmaßstäbe
- die Erstellung gemeinsamer Klausurthemen und Abituraufgaben
- die beispielhafte Besprechung korrigierter Arbeiten.

### **Beiträge der Fachkonferenzen zur Schulprogrammentwicklung und zur Evaluation schulischer Arbeit**

Aussagen zum fachbezogenen und fachübergreifenden Unterricht sind Bestandteile des Schulprogramms. Die Evaluation schulischer Arbeit bezieht sich zentral auf den Unterricht und seine Ergebnisse. Die Fachkonferenz spielt deshalb eine wichtige Rolle in der Schulprogrammarbeit und bei der Evaluation des Unterrichts. Dabei sind Prozess und Ergebnisse des Unterrichts zu berücksichtigen. Die Fachkonferenz definiert die Evaluationsaufgaben, gibt Hinweise zur Lösung und leistet insoweit ihren Beitrag zur schulinternen Evaluation.

Ein möglicher Beitrag des Faches zum Schulprogramm ist die Zusammenarbeit mit außerschulischen Kooperationspartnern. Sie ist im Chemieunterricht von Bedeutung für

- die Nutzung außerschulischer Lernorte (Exkursionen, Betriebserkundungen, Betriebspraktika)
- die Beschaffung von Informationen sowie Materialien
- die Unterstützung kleinerer Lerngruppen bzw. einzelner Schülerinnen und Schüler bei der selbstständigen Bearbeitung eines Themas (Hausaufgabe, Referat, Projekt, Facharbeit).

Die Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern werden in der Fachkonferenz zusammengetragen und für alle Kollegen nutzbar gemacht.

Als mögliche Kooperationspartner sind zu nennen

- Untersuchungsämter, -institute
- Forschungsinstitute
- Chemische und pharmazeutische Betriebe
- Betriebe mit einem chemischen Labor
- Informationsstellen
- Archive, Bibliotheken.

## 7 Anhang

### 7.1 Chemische Symbolschreibweisen

Die chemische Symbolschreibweise ist ihrem Wesen nach eine sehr knappe Darstellungsweise von Stoffen und Reaktionsabläufen. Sie verleitet deshalb sowohl Lehrerinnen und Lehrer als auch Schülerinnen und Schüler dazu, die mündliche und schriftliche Beschreibung „mit eigenen Worten“ zu verkürzen, gegebenenfalls sogar ganz auf sie zu verzichten. Dem kann und muss im Unterricht dadurch entgegen gewirkt werden, dass hinreichend Raum gegeben wird für sorgfältige und ausführliche Darstellungen und Beschreibungen von chemischen Sachverhalten in angemessener Fachsprache.

Bei rationellen Namen sind die Regeln der „International Union of Pure and Applied Chemistry“ (IUPAC) anzuwenden. Diese Regeln geben Anweisungen zur Benennung der einzelnen Verbindungen. Neben einer Vereinheitlichung erhält man mit dieser **Nomenklatur** eine Kennzeichnung der Stoffklasse, zu der die Verbindung gehört, und darüber hinaus Hinweise auf den konstitutionellen Aufbau der Moleküle einer Verbindung.

Neben den rationellen Namen können häufig benutzte Trivialnamen gleichberechtigt verwandt werden: z. B. Essigsäure, Kochsalz, Kalkwasser. Alte Bezeichnungen, die nach überholten Regeln aufgestellt wurden, sollten dagegen vermieden werden. Sinnvoll sind Hinweise darauf, dass z. B. in Apotheken und Drogerien noch bestimmte veraltete Bezeichnungen benutzt werden, die evtl. zu Verwechslungen führen können.

Wie über die Nomenklatur besteht auch eine Übereinkunft hinsichtlich der **chemischen Symbole**. Bei molekularen Verbindungen macht die **Summenformel** eine eindeutige Aussage über die Anzahl der Atome der verschiedenen Elemente in einem Molekül. So ist z. B.  $\text{CO}_2$  das Symbol für das Kohlenstoffdioxidmolekül. Bei nicht molekularen Verbindungen gibt die Summenformel lediglich Auskunft über die Atomzahlenverhältnisse in der Verbindung. Entsprechend ist  $\text{NaCl}$  das Symbol für eine Formeleinheit von Natriumchlorid.

Chemische Symbole geben ausschließlich Auskunft über die Zusammensetzung von Molekülen und Formeleinheiten verschiedener Stoffe. Häufig werden chemische Symbole dagegen auch als Abkürzungen für Stoffnamen benutzt: z. B. Cu Kupfer,  $\text{H}_2$  Wasserstoff,  $\text{O}_3$  Ozon,  $\text{CO}_2$  Kohlenstoffdioxid,  $\text{NaCl}$  Natriumchlorid. Dies sollte weitgehend vermieden werden, da die Gefahr besteht, dass die Ebenen des Diskontinuums und des Kontinuums nicht auseinander gehalten werden.

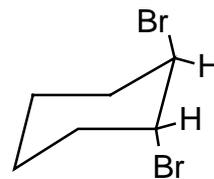
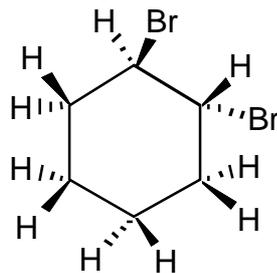
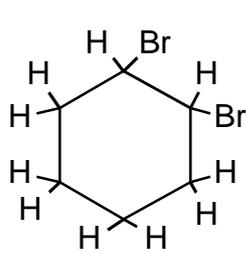
Die Symbolschreibweise kann sehr unterschiedlich sein und einen jeweils anderen Informationsgehalt und Komplexitätsgrad haben. So kann für Natriumchlorid z. B. Folgendes gelten:



Welche Symbolschreibweise im Unterricht eingesetzt wird, hängt u. a. vom zu behandelndem Sachverhalt und dem Ausbildungsstand der jeweiligen Schülerinnen und Schüler ab. Bei Stoffen, die in verschiedenen Aggregatzuständen bzw. Modifikationen vorkommen, ist eine Angabe des Aggregatzustandes notwendig, wenn dies in einem gegebenen Zusammenhang von Bedeutung ist. Für fest ist das Symbol (s), für flüssig (l) und für gasförmig (g) gebräuchlich. Hydratisierte Teilchen werden durch (aq) gekennzeichnet. Für die Modifikationen werden bestimmte Namen verwandt.

**Strukturformeln** geben die Verknüpfung der Atome in einem Molekül einer Verbindung wieder. Sie machen Aussagen über die Bindungsverhältnisse zwischen den Atomen und über die Anordnung der Atome zueinander (**Konstitution**). Durch besondere Formeln wird die **Konfiguration und Konformation** wiedergegeben. Infolge der Zweidimensionalität der Zeichnung sind verschiedene Abbildungsweisen möglich. Im Unterricht sollte jeweils die zweckmäßigste ausgewählt werden, wobei darauf zu achten ist, dass die Schülerinnen und Schüler die Abbildungsweise durchschauen.

Formeln von trans-1,2-Dibromcyclohexan:



a: Konstitution

b: Konfiguration

c: Konformation

Während Summen- und Strukturformeln zur Kennzeichnung der Stoffe und der die Stoffe aufbauenden Atome bzw. Moleküle dienen, werden chemische Reaktionen durch Reaktionsschemata und Reaktionsgleichungen beschrieben (vgl. Richtlinien und Lehrpläne Chemie, Gymnasium Sekundarstufe I, Kapitel 3.8).

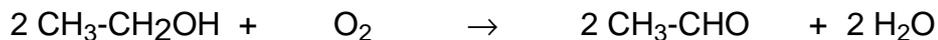
**Reaktionsschemata** beschreiben chemische Reaktionen, bei denen die stöchiometrischen Verhältnisse entweder gar nicht oder nur teilweise berücksichtigt werden.

z. B.:



**Reaktionsgleichungen** beschreiben chemische Reaktionen vollständig, und zwar einschließlich ihrer stöchiometrischen, d. h. quantitativen, Verhältnisse.

z. B.:



## 7.2 SI-Einheiten

Durch das SI-System werden **Größen und Einheiten** international normiert. Diese Normierung ist in der Bundesrepublik Deutschland verbindlich. Die messbaren Eigenschaften von Stoffen, Vorgängen und Zuständen bezeichnet man als Größen. Eine Größe lässt sich als Produkt aus Zahlenwert und Einheit darstellen:

$$\text{Größe} = \text{Zahlenwert} \cdot \text{Einheit}$$

Das SI-System enthält sieben Basisgrößen, von denen sich alle anderen Größen ableiten lassen. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Basisgrößen und Basiseinheiten.

Basisgrößen	Größenzeichen	Basiseinheiten	Einheitenzeichen
Länge	<i>l</i>	Meter	m
Masse	<i>m</i>	Kilogramm	kg
Zeit	<i>t</i>	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	<i>I</i>	Ampere	A
thermodynamische Temperatur	<i>T</i>	Kelvin	K
Stoffmenge	<i>n</i>	Mol	mol
Lichtstärke	<i>I<sub>v</sub></i>	Candela	cd

Alle anderen Größen sind so genannte abgeleitete Größen. Dies sind Produkte und/oder Quotienten der Basisgrößen. Die Einheiten der abgeleiteten Größen sind entsprechend Produkte und/oder Quotienten der Basiseinheiten. Es können an dieser Stelle nicht alle für die Chemie wichtigen Größen aufgeführt werden. Wegen der großen Bedeutung für die Chemie soll hier nur auf die Stoffmenge und die von ihr abgeleiteten Größen eingegangen werden.

Die Basisgröße **Stoffmenge** macht eine Aussage über die Quantität einer Stoffportion. Die Basiseinheit der Stoffmenge ist das Mol. Dies ist die Stoffmenge eines

Systems, das aus ebenso vielen Teilchen besteht, wie Atome in 12 g des Kohlenstoffisotops  $^{12}\text{C}$  enthalten sind.

Größen, die als Bezugsgröße die Stoffmenge haben, also die stoffmengenbezogenen Größen, werden auch als molare Größen bezeichnet. Dazu gehören:

Die **molare Teilchenzahl**  $N_A$  (Avogadrokonstante)

$$N_A = \frac{N_i}{n_i}$$

Einheit:  $\text{mol}^{-1}$

Die **molare Masse**  $M$

$$M_i = \frac{m_i}{n_i}$$

Einheit: g/mol

(Der bisherige Begriff „Molmasse“ sollte nicht mehr verwendet werden.)

Das **molare Volumen**  $V_m$

$$V_{m,i} = \frac{V_i}{n_i}$$

Einheit: L/mol

(Der Index m wird häufig zur Kennzeichnung von molaren Größen benutzt.)

Die **Stoffmengenkonzentration**  $c_i$

$$c_i = \frac{n_i}{V_i(Ls)}$$

Einheit: mol/L

$V(Ls)$  = Volumen der Lösung

Da die wichtigen Größen in der Chemie als SI-Einheiten eindeutig festgelegt sind, ergibt sich die Möglichkeit, konsequent mit **Größengleichungen** zu rechnen. Die früher üblichen Begriffe Normalität, Molarität, molare und normale Lösungen sollten nicht mehr verwendet werden.

# Register

- Abituraufgabe, 102, 105, 109, 121
- Abiturprüfung, 58, 79, 84, 98, 99, 119
  - mündliche, 68, 97, 114, 115, 116
  - schriftliche, 101, 102, 105
- Akkumulator, 21, 22, 24, 25, 47, 57, 117, 119
- Ammoniaksynthese, 17, 18, 64, 85
- Anforderungsbereiche, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 112, 118
- Anwendungsprodukte, 26, 28, 37, 42, 75, 85, 87,
- Arbeiten
  - fächerverbindendes, 46, 52, 56, 71, 73
  - projektorientiertes, 76
- Arbeitsprozessbericht, 70, 94
- Arbeitstechnik
  - studienvorbereitende, 96
- Aspekt
  - ökologischer, 57, 75, 106
- Atommodell, 18, 56
- Aufgabenstellung, 54, 89, 90, 91, 92, 97, 98, 101, 102, 111, 114, 115
- Ausbildung
  - wissenschaftspropädeutische, 8, 51, 53, 59, 80
  
- Basiseinheiten, 124
- Basiswissen, 8, 20, 52, 95
- Batterie, 21, 22, 23, 24, 25, 47, 57
- Belastbarkeit
  - ökologische, 6, 11, 12, 36
- Betriebsbesichtigung, 19, 23, 50, 75
- Beurteilung, 79, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 104, 105, 116, 119, 121
- Bildung, 53, 63
- Bindung, 18, 20, 37, 39, 40, 41, 42, 45, 56, 120, 123
- Brennstoffzelle, 21, 24, 47, 85,
  
- Computer, 35, 51, 57, 63, 64, 96
  
- Datenbank, 12, 13, 64
- Demonstrationsexperiment, 60, 101, 109, 116
- Diskontinuum, 7, 56, 62, 81
- Doppelbindung
  - konjugierte, 39, 45
- Drogen, 37, 38, 39, 44, 48, 78
  
- Einheit, 99, 124, 125
- Elektrochemie, 22, 119
- Elektrolyse, 22, 23, 24, 25, 47, 81, 82, 85, 87, 117, 118
- Entwicklung,
  - nachhaltige, 6, 12, 36, 75
- Energetik, 5, 22, 37, 43, 44, 45, 46, 81, 84
  
- Energie
  - elektrische, 14, 20, 21, 22, 24, 57, 84
- Enthalpie
  - freie, 43, 44
- Ergebnissicherung, 77, 79
- Erkenntnisgewinnung, 7, 11, 22, 26, 36, 43, 44, 53, 57, 58, 59, 60, 61
- Estergleichgewicht, 17, 83
- Ethen, 21, 28, 87
- Experiment, 7, 11, 12, 13, 16, 19, 22, 23, 29, 33, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 68, 70, 82, 90, 91, 95, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 114, 115, 116
- Experimente
  - quantitative, 25, 35, 47, 82
  
- Facharbeit, 12, 23, 25, 29, 35, 57, 69, 70, 80, 82, 90, 93, 94, 95, 120, 121
- Fachkonferenz, 15, 22, 83, 84, 120, 121
- Fachliteratur, 51, 64, 99
- Fachsprache, 7, 12, 50, 64, 65, 69, 92, 93, 95, 116, 122
- Fachsystematik, 5, 15, 16, 17, 54
- Falsifikation, 58
- Faraday-Gesetze, 24
- Farbstoffe, 37, 44, 45, 46, 62, 86
- Festkörperstrukturen
  - kristalline und nichtkristalline, 41, 42, 45
- Forschung
  - chemische, 6, 36, 37, 38, 39
  
- Gefahrstoff, 11, 61
- Gefahrstoffverordnung, 64
- Gesellschaftsbezug, 6, 11, 12, 15, 19, 20, 21, 22, 73
- Gesetz, 11, 99, 100
- Gesetzmäßigkeit, 5, 10, 100
- Gewässer, 21, 34, 35, 48, 85
- Gewässergüte, 48, 57, 86, 109
- Gleichgewicht
  - chemisches, 16, 17, 18, 20, 40, 56, 83, 85, 86
- Gleichgewichtsreaktion, 17, 34, 47, 48, 74
- Größen, 124, 125
- Grundkurs, 23, 26, 40, 80, 81, 82, 105
- Gruppen
  - funktionelle, 26, 43
- Gruppenarbeit, 61, 66, 67, 68, 70, 73
  
- Haber-Bosch-Verfahren, 16, 18, 50, 85
- Hausaufgabe, 70, 94, 95
- Hypothese, 11, 58, 59, 60, 62, 102
  
- Industrie, 5, 6, 10, 12, 22, 73, 81, 99

chemische, 6, 20, 29, 41, 64  
 Informationsbeschaffung, 35, 51, 64, 97

Jahresplanung, 44, 46  
 Jahrgangsstufen, 13, 14, 15, 16, 47, 48, 49, 50, 52, 55, 82, 83, 84, 102  
   Jahrgangsstufe 11, 16, 43, 56, 74, 82, 85  
   Jahrgangsstufe 12, 20, 43, 57, 69, 74, 75, 82, 85  
   Jahrgangsstufe 13, 36, 57, 58, 74, 75, 82, 85  
 Jahrgangsstufenplanung, 15, 16

Katalysator, 28, 41, 43, 44  
 Klausur, 69, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 101  
 Kochsalzelektrolyse, 21, 24  
 Koedukation, 88  
 Kolloquium, 97, 119  
 Kommunikationsfähigkeit, 12, 13, 67, 68  
 Kontaktnetz - Industrie - Schule, 75  
 Kontext,  
   Lernen im 8, 10, 11, 12, 38, 44, 49, 53, 54, 64, 76, 81, 84  
 Kontinuum, 61, 62  
 Konzentrationsbestimmung, 21, 22, 33, 34, 57, 86, 87  
 Konzentrationszelle, 21, 34  
 Koppelungskurse, 51  
 Korrektur, 90, 91, 92, 93, 101, 104  
 Korrekturzeichen, 92  
 Korrosionsschutz, 21, 24, 75, 87  
 Kunststoffe, 6, 28, 29, 37, 39, 42, 49, 76, 87

Lebensmittel, 34, 48  
 Lebenswelt, 5, 6, 7, 22, 41, 53, 76, 86  
 Leistungsbewertung, 89, 120  
 Leistungskurs, 15, 20, 23, 26, 28, 34, 36, 39, 40, 46, 51, 71, 80, 81, 82, 84, 101, 103, 109  
 Leitthema, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 36, 37, 52, 56, 58, 81, 82  
 Lernen  
   fachübergreifendes und  
   fächerverbindendes, 69, 74, 114, 115  
 Lernleistung  
   besondere, 79, 80, 119  
 Lernorte  
   außerschulische, 74, 121  
 Ligandenfeldtheorie, 40, 41  
 Literatur, 71, 82,  
 Literaturrecherche, 12, 26

Mädchen und Jungen im Chemieunterricht, 67, 88  
 Makromolekülkonzept, 37, 42, 43, 45, 87

Masse  
   molare, 18, 42, 120, 125  
 Massenwirkungsgesetz, 16, 18, 33, 34, 40, 85, 120  
 Medien, 63, 64, 68  
 Messergebnisse, 35, 71, 99, 100  
 Messgerät, 25, 35  
 Messwerterfassung, 13, 48, 63, 96  
 Metalle, 24, 41, 42, 75, 78  
 Metallgewinnung, 25, 49, 76  
 Methodenreflexion, 58, 68  
 Modelle, 7, 50, 56, 61, 62, 63, 80, 100  
 Modellvorstellung, 7, 11, 26, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 47, 61, 62, 63, 99, 100

Natur, 5, 6, 10, 14, 16, 17, 18, 37, 42, 53, 56, 63, 83, 85  
 Nomenklatur, 17, 18, 28, 40, 65, 122

Orbitalmodell, 18, 27, 39, 40, 82  
 Oxidationsreihe, 17, 20  
 Ozonloch, 29, 48

Präsentation, 7, 56, 76, 79, 95  
 Präsentationsformen, 9, 73  
 Produktion, 17, 57, 74, 86  
 Produktionsverfahren, 6, 11, 37, 38, 44, 45, 46, 48, 50  
 Projekt, 46, 68, 76, 77, 78, 80, 95, 97  
 Projektthema, 76, 78  
 Projektveranstaltung, 77  
 Protokoll, 7, 19, 61, 68, 96, 115  
 Protokolle, 51, 68, 91, 94, 96  
 Prozess  
   dynamischer, 5, 10, 16  
   technischer, 14, 16, 17, 18, 48, 56, 60, 64, 83, 100  
 Prüfungsaufgabe, 98, 102, 103, 105, 116  
 Prüfungsgespräch, 114, 115  
 Prüfungsleistung, 98, 104, 116

Qualifikationsphase, 20, 36, 56, 57, 83, 102, 103, 106, 114

Reaktionsgleichung, 69, 97, 99, 100, 105, 109, 117, 123  
 Reaktionskette, 5, 11, 16  
 Reaktionsmechanismus, 26, 28, 39, 43, 81, 109, 111  
 Reaktionsschema, 123  
 Reaktionstyp, 26, 27, 28, 33, 42, 43, 100  
 Reaktionsverhalten, 26, 28, 39, 43, 45, 101  
 Reaktionsweg, 14, 20, 21, 26, 27, 28, 49, 57, 74, 75, 81  
 Redoxreaktion, 22, 33, 87  
 Referat, 7, 68, 82, 96, 121

Ressource, 12, 29, 44, 48, 50  
   natürliche, 6, 12, 36  
 Rohstoffe  
   fossile, 21, 28, 29, 75, 87  
   nachwachsende, 37, 43  
  
 Schülerexperiment, 22, 23, 33, 61, 67, 82,  
   103, 104, 115, 116, 117  
 Sequenz, 17, 45, 46, 55, 56, 83, 84  
 Sicherheit, 70, 90, 93  
 Sicherheitserziehung, 11, 61  
 Sicherheitsvorschriften, 19, 29, 60, 61  
 SI-Einheiten, 65, 124, 126  
 Sprachkompetenz  
   allgemeine, 65  
 Stoffgruppe, 42, 57  
 Stoffmenge, 18, 120, 124, 125, 126  
 Stoffmengenkonzentration, 18, 56, 120, 125  
 Stoffumwandlung, 5, 7, 10, 11, 16, 60, 62, 65  
 Struktur, 5, 36, 37, 38, 40, 41, 44, 45, 50, 59,  
   66, 71, 76, 88, 99  
 Strukturformel, 28, 91, 123  
 Studierfähigkeit  
   allgemeine, 8, 59, 64  
 Substitution  
   elektrophile, 39, 45, 111  
 Summenformel, 122  
 Symbole, 64, 122, 123  
 Synthese, 26, 39, 75, 86, 109, 111  
 System  
   aromatisches, 37, 39, 44, 45, 46, 86  
  
 Team, 13, 38, 58, 76  
 Technik, 5, 6, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22,  
   25, 29, 47, 51, 53, 56, 68, 73, 75  
 Teilchen, 7, 61, 62, 100, 123, 125  
 Themenfeld, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20,  
   21, 22, 24, 26, 28, 33, 34, 36, 37, 38, 39,  
   40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 50, 52, 56, 57,  
   58, 74, 75, 76, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87,  
   93, 102, 106, 111, 117, 120  
 Theoriekonzept, 13, 14, 15, 36, 37, 38, 39,  
   40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 57, 84, 86,  
   87, 106  
 Titration, 17, 21, 34, 48, 85, 86  
 Treibhauseffekt, 29, 48  
  
 Übung  
   schriftliche, 94, 96, 97  
 Umwelt, 5, 6, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 33,  
   48, 49, 53, 56, 61, 78, 81, 83  
 Umweltbezug, 26, 57  
 Umweltrisiko, 11, 50, 61  
 Unterricht  
   fächerverbindender, 8, 9, 71, 72  
   fachübergreifender, 15, 16, 19, 25, 29, 35,  
   71, 72, 75, 121  
   projektorientierter, 77, 79  
 Unterrichtsverfahren  
   forschend-entwickelndes, 59  
  
 Verfahren  
   analytisches, 6, 22, 26  
 Versuchsbeobachtung, 60  
 Versuchsdurchführung, 60, 61, 95, 99  
 Versuchsprotokoll, 61, 69, 96  
 Vorbereitungszeit, 114, 115, 116  
 Wasserstoff, 25, 47, 75, 122  
 Werkstoff, 37, 38, 39, 42, 43, 45, 49, 76  
  
 Zelle  
   galvanische, 22, 23, 24, 25, 82, 85, 87  
 Zielsetzungen, 8, 9, 36, 51, 53, 54, 55, 59,  
   64, 65, 71, 73, 75, 76, 77, 80, 90, 100, 102  
 Zusammenarbeit, 8, 12, 46, 47, 49, 50, 51,  
   54, 69, 75, 76, 82, 97, 121