

# Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung

## Chemie

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004)

**Die Länder werden gebeten, die neugefassten Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) für die Fächer Biologie, Physik, Chemie, Informatik, Französisch, Italienisch, Spanisch, Russisch, Türkisch und Dänisch spätestens zur Abiturprüfung im Jahre 2007 umzusetzen. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2004)**

### Inhaltsverzeichnis

|          |  |    |
|----------|--|----|
|          | <b>Fachpräambel</b>                                      | 3  |
| <b>I</b> | <b>Festlegungen für die Gestaltung der Abiturprüfung</b> | 5  |
| <b>1</b> | <b>Fachliche Inhalte und Qualifikationen</b>             | 5  |
| 1.1      | Fachliche und methodische Kompetenzen                    | 5  |
| 1.2      | Fachliche Inhalt   | 6  |
| 1.2.1    | Themenbereiche   | 6  |
| 1.2.2    | Basiskonzepte  | 7  |
| 1.3      | Differenzierung zwischen Grund- und Leistungsfach        | 7  |
| 1.3.1    | Anforderungen  | 7  |
| 1.3.2    | Aufgabenbeispiele für die Differenzierung                | 8  |
| <b>2</b> | <b>Anforderungsbereiche</b>                              |    |
| 2.1      | Allgemeine Hinweise                                      | 10 |
| 2.2      | Fachspezifische Beschreibung der Anforderungsbereiche    | 10 |
| <b>3</b> | <b>Schriftliche Prüfung</b>                              | 15 |
| 3.1      | Allgemeine Hinweise                                      | 15 |
| 3.2      | Hinweise zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe             | 16 |
| 3.3      | Beschreibung der zu erwartenden Prüfungsleistung         | 17 |
| 3.4      | Bewertung der Prüfungsleistung                           | 18 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| <b>4</b>  | <b>Mündliche Prüfung</b>                              | 19 |
| 4.1       | Besonderheiten und Aufgabenstellung                   | 19 |
| 4.2       | Kriterien für die Bewertung                           | 20 |
| 4.3       | Fünfte Prüfungskomponente                             | 20 |
| 4.3.1     | Besonderheiten  | 20 |
| 4.3.2     | Bewertung   | 21 |
| 4.3.3     | Beispiele für Themenbereiche                          | 21 |
| <b>II</b> | <b>Aufgabenbeispiele</b>                              | 22 |
| <b>1</b>  | <b>Aufgabenbeispiele für die schriftliche Prüfung</b> | 22 |
| 1.1       | Aufgabenbeispiele für das Leistungskursfach           | 22 |
| 1.1.1     | Treibstoffe für Fahrzeuge                             | 22 |
| 1.1.2     | Sanitär-Silikon                                       | 28 |
| 1.1.3     | Luftbatterie  | 34 |
| 1.1.4     | Sulfasalazin  | 38 |
| 1.2       | Aufgabenbeispiele für das Grundkursfach               | 41 |
| 1.2.1     | Chemische Reinigung                                   | 44 |
| 1.2.2     | Untersuchung eines Backtriebmittels                   | 48 |
| 1.2.3     | Citronensäure   |    |
| <b>2</b>  | <b>Aufgabenbeispiele für die mündliche Prüfung</b>    | 52 |
| 2.1       | Aufgabenbeispiel für den Leistungskurs                | 52 |
| 2.1.1     | Energieumwandlungen bei chemischen Reaktionen         | 52 |
| 2.2       | Aufgabenbeispiele für den Grundkurs                   | 55 |
| 2.2.1     | Puffersysteme   | 55 |
| 2.2.2     | Tenside   | 59 |

## Fachpräambel

Die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000) beschreibt die grundlegenden Anforderungen an den Unterricht im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld:

„Im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld sollen Verständnis für den Vorgang der Abstraktion, die Fähigkeit zu logischem Schließen, Sicherheit in einfachen Kalkülen, Einsicht in die Mathematisierung von Sachverhalten, in die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Methoden, in die Entwicklung von Modellvorstellungen und deren Anwendung auf die belebte und unbelebte Natur und in die Funktion naturwissenschaftlicher Theorien vermittelt werden.“

Das Fach Chemie trägt dazu bei, indem es auf verschiedenen Ebenen ein strukturiertes Wissen über die stoffliche Welt und die Gesetzmäßigkeiten der Umwandlung von Stoffen vermittelt. Der Chemieunterricht trägt nicht nur zum fachspezifischen Erkenntnisgewinn bei. Durch die Verknüpfung grundlegender Erkenntnisse und Arbeitsweisen aus Chemie, Biologie und Physik unter Anwendung von Methoden der Mathematik erlangen die Schülerinnen und Schüler ein rationales, naturwissenschaftlich begründetes Weltbild.

Als wesentliche Grundlage technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Entwicklungen eröffnet die Chemie Wege für die Gestaltung unserer Lebenswelt und somit zur Verbesserung unserer Lebensqualität. Chemische Erkenntnisse und Methoden sind infolgedessen integraler Bestandteil einer fundierten naturwissenschaftlichen Grundbildung, die als Hilfe zur Bewältigung der eigenen selbstgestalteten Lebenssituation und zur Bewältigung der globalen Probleme der Menschheit verstanden wird.

Die Chemie ist stark empirisch geprägt, wobei dem Experimentieren und Erforschen eine entscheidende Rolle im Erkenntnisprozess zukommt. Dieses chemiespezifische Handeln lernen Schülerinnen und Schüler, indem sie selbstständig tätig werden und ihre Versuchs- und Messergebnisse erfassen und auswerten. Das Interpretieren von Ergebnissen auf der Ebene von Modellvorstellungen eröffnet ein tieferes Verständnis der Stoffeigenschaften und Strukturen. Dies ermöglicht die Erschließung chemischer Reaktionen auf atomarer oder molekularer Ebene.

Die in der Abiturprüfung eingeforderten Kompetenzen können nur eingebracht werden, wenn der Unterricht den nachfolgend dargestellten fachlichen und methodischen Grundsätzen entspricht. Dies bedeutet, dass neben dem Beherrschen der Fachsprache, der Modellvorstellungen, der chemischen Verfahren und Mathematisierungen auch das eigenständige Lösen, Beurteilen und Bewerten ermöglicht wird. Dazu müssen in der Prüfung Aufgaben mit offenen und komplexen Teilaufgaben gestellt werden, die vernetztes Denken erfordern und somit unterschiedliche Lösungswege ermöglichen.

Zur Sicherung eines einheitlichen und angemessenen Anforderungsniveaus in den Prüfungsaufgaben enthalten die Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Fach Chemie

- eine Beschreibung der Prüfungsgegenstände, d.h. der nachzuweisenden Kompetenzen sowie der fachlichen Inhalte, an denen diese Kompetenzen eingefordert werden sollen,
- Kriterien, mit deren Hilfe überprüft werden kann, ob eine Prüfungsaufgabe das anzustrebende Anspruchsniveau erreicht,

- Hinweise und Aufgabenbeispiele für die Gestaltung der schriftlichen und mündlichen Prüfung sowie zu alternativen Prüfungsformen.

Als Hilfsmittel für die Konstruktion von Prüfungsaufgaben sowie für die Gestaltung der mündlichen Prüfung und alternativer Prüfungsformen dient die Beschreibung von drei Anforderungsbereichen. Mit ihrer Hilfe und nach Maßgabe des vorangegangenen Unterrichts, dem die Lehrpläne der Länder zugrunde liegen, werden die Prüfungsinhalte ausgewählt und Prüfungsaufgaben gestellt.

# **I FESTLEGUNGEN FÜR DIE GESTALTUNG DER ABITURPRÜFUNG**

## **1 Fachliche Inhalte und Qualifikationen**

### **1.1 Fachliche und methodische Kompetenzen**

Die Anforderungen für die schriftliche und mündliche Prüfung sowie für alternative Prüfungskomponenten sind so zu gestalten, dass ein möglichst breites Spektrum von Kompetenzen an geeigneten Inhalten überprüft werden kann. Diese werden in den nachfolgend beschriebenen Kompetenzbereichen des Faches Chemie vermittelt und überprüft.

Für die Bearbeitung von Prüfungsaufgaben im Grund- und Leistungskursfach sind die folgenden fachspezifischen und allgemeinen naturwissenschaftlichen Kompetenzen erforderlich:

#### **Kompetenzbereich Fachkenntnisse**

(Chemisches Wissen anwenden)

Die Prüflinge

- nennen Fakten, Begriffe, Gesetze und Theorien zu Stoffumwandlungen,
- erkennen die Zusammenhänge zwischen Struktur, Eigenschaften und Verwendung der Stoffe,
- wenden Kenntnisse über Merkmale, Verlauf und Bedingungsabhängigkeit chemischer Reaktionen an,
- erkennen und nutzen Möglichkeiten der vertikalen Vernetzung innerhalb der Chemie sowie der horizontalen Vernetzung mit anderen Unterrichtsfächern,
- strukturieren erworbenes Wissen über Stoffe und chemische Reaktionen auf der Grundlage der facheigenen Basiskonzepte (siehe 1.2).

#### **Kompetenzbereich Fachmethoden**

(Erkenntnismethoden der Chemie nutzen)

Die Prüflinge

- können selbstständig chemische Experimente planen, durchführen, beobachten, beschreiben und auswerten,
- wenden geeignete Modelle zur Beschreibung und Erklärung chemischer Sachverhalte an,
- interpretieren chemische Reaktionen auf der Teilchenebene,
- können Hypothesen bilden, Voraussagen formulieren und diese experimentell überprüfen,
- wenden mathematische Verfahren und Hilfsmittel zur Lösung exemplarischer chemischer Aufgaben an,
- nutzen den Computer zum Messen, zur Modellbildung, zur Berechnung oder zur Simulation.

#### **Kompetenzbereich Kommunikation**

(in Chemie und über Chemie kommunizieren)

Die Prüflinge

- beschreiben und veranschaulichen konkrete chemische Sachverhalte unter angemessener Nutzung der Fachsprache,

- argumentieren sachlogisch und begründen schlüssig chemische Sachverhalte und Fragestellungen,
- präsentieren chemisches Wissen, eigene Standpunkte und Überlegungen sowie Lern- und Arbeitsergebnisse adressaten- und situationsgerecht,
- stellen chemische Sachverhalte und Erkenntnisse in unterschiedlicher Form (Symbole, Formeln, Gleichungen, Tabellen, Diagramme, Grafen, Skizzen, Simulationen) dar,
- interpretieren Fachtexte und grafische Darstellungen und können daraus Schlüsse ziehen,
- nutzen Informationsquellen, erkennen Kernaussagen, wählen Informationen gezielt und kritisch aus und verknüpfen diese mit dem erworbenen Wissen.

### **Kompetenzbereich Reflexion**

(über die Bezüge der Chemie reflektieren)

Die Prüflinge

- betrachten Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven und bewerten diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse,
- erörtern und bewerten Verfahren zur Gewinnung und Verarbeitung wichtiger Rohstoffe vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen,
- erkennen und beschreiben die gesellschaftliche Relevanz und Bedeutung der angewandten Chemie für die Ernährungssicherung, Energieversorgung, Werkstoffproduktion sowie in der Informations- und Biotechnologie,
- nutzen chemische Kenntnisse zur Erklärung von Lebensvorgängen,
- beurteilen Technikfolgen, wirtschaftliche Aspekte und Stoffkreisläufe im Sinne der Nachhaltigkeit.

## **1.2 Fachliche Inhalte**

Grundlage für die Abiturprüfung im Fach Chemie sind die nachstehend genannten fachlichen Inhalte. Hierbei wird zwischen **Themenbereichen** mit den zugehörigen fachbezogenen Inhalten und **Basiskonzepten** unterschieden.

Diese gelten für den Leistungskurs und für den Grundkurs gleichermaßen als verbindliche Prüfungsgegenstände.

### **1.2.1 Themenbereiche**

Beim Nachweis der fachlichen Kompetenzen kommt den unter den folgenden Themenbereichen angeordneten fachbezogenen Inhalten nach Maßgabe der Lehrpläne bzw. Rahmenpläne der Länder besondere Bedeutung zu. Sie werden für die Abiturprüfung vorausgesetzt.

#### **A) Stoffe, Struktur und Eigenschaften:**

Verbindungen mit funktionellen Gruppen, natürliche und synthetische Stoffe mit makromolekularem Aufbau, chemische Bindung, Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe

#### **B) Chemische Reaktionen:**

Protonenübergänge, Elektronenübergänge, Reaktionsmechanismen, energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen, Gleichgewichtsreaktionen

#### **C) Arbeitsweisen der Chemie:**

#### **D) Lebenswelt und Gesellschaft:**

Ökonomische und ökologische Aspekte der angewandten Chemie, aktuelle Technologien und chemische Produkte

### **1.2.2 Basiskonzepte**

Der Chemieunterricht in der Schule muss mit der Vielfalt seiner fachbezogenen Inhalte auf ein grundlegendes Verständnis über das Verhalten von Stoffen, deren Eigenschaften, deren Aufbau und deren Umwandlungen ausgerichtet sein. Die Einordnung der Lerninhalte in die nachstehenden fünf Basiskonzepte gewährleistet einen systematischen Wissensaufbau unter fachlicher und lebensweltlicher Perspektive. Damit sind die Prüflinge in der Lage, detailliertes Fachwissen in größere Zusammenhänge einzuordnen. Auf der Grundlage einer durch die Basiskonzepte strukturierten Wissensbasis bearbeiten die Prüflinge die Abituraufgaben.

**Stoff-Teilchen-Konzept:** Die erfahrbaren Phänomene der stofflichen Welt und deren Deutung auf der Teilchenebene werden konsequent unterschieden.

**Struktur-Eigenschafts-Konzept:** Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen bestimmen die Eigenschaften eines Stoffes.

**Donator-Akzeptor-Konzept:** Säure-Base- und Redoxreaktionen lassen sich als Protonen- bzw. Elektronenübergänge beschreiben.

**Energiekonzept:** Alle chemischen Reaktionen sind mit Energieumsatz verbunden.

**Gleichgewichtskonzept:** Reversible chemische Reaktionen können zu einem Gleichgewichtszustand führen.

## **1.3 Differenzierung zwischen Grund- und Leistungskursfach**

### **1.3.1 Anforderungen**

Die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe vom 07.07.1972 (i.d.F. vom 16.06.2000) weist den Kurstypen in der Qualifikationsphase unterschiedlich akzentuierte Aufgaben zu: den Grundkursen die Vermittlung einer wissenschaftspropädeutisch orientierten Grundbildung, den Leistungskursen die systematische, vertiefte und reflektierte wissenschaftspropädeutische Arbeit.

Beiden Kursarten gemeinsam ist die Förderung und Entwicklung grundlegender Kompetenzen (siehe 1.1) als Teil der Allgemeinbildung und Voraussetzung für Studium und Beruf.

Grundkurse im Fach Chemie sollen in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen des Faches einführen. Sie sollen wesentliche Arbeitsmethoden, Fachmethoden und Darstellungsformen des Faches bewusst und erfahrbar machen sowie Zusammenhänge im Fach und über die Grenzen dessen hinaus in exemplarischer Form erkennbar werden lassen. Der Unterricht in Grundkursen fördert durch lebensweltliche Bezüge Einsicht in die Bedeutung des Faches sowie durch schülerzentriertes und handlungsorientiertes Arbeiten die Selbstständigkeit der Prüflinge.

Leistungskurse vertiefen zusätzlich die Inhalte, Modelle und Theorien, so dass die Komplexität und der Aspektreichtum des Faches deutlich wird. Der Unterricht ist auf eine

Beherrschung der Arbeits- und Fachmethoden, deren selbstständige Anwendung, Übertragung und Reflexion gerichtet. Leistungskurse erzielen einen hohen Grad an Selbsttätigkeit der Prüflinge vor allem beim Experimentieren und bei der Wissensgenerierung.

Die Anforderungen im Grundkursfach sollen sich daher nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ von denen im Leistungskursfach unterscheiden.

Dieser Unterschied wird deutlich

- im Umfang und Spezialisierungsgrad bezüglich des Fachwissens und chemischer Methoden des Experimentierens sowie der Theoriebildung,
- im Abstraktionsniveau, erkennbar im Grad der Elementarisierung, der Problemerkennung und des Problemlösens, der Mathematisierung sowie in der Differenziertheit der verwendeten Fachsprache,
- in der Komplexität der Kontexte sowie der chemischen Sachverhalte, Theorien und Modelle.

### 1.3.2 Aufgabenbeispiele für die Differenzierung

**Beispiel 1: Brennstoffzelle**  
**Themenbereich: Chemische Reaktionen**

Niveau für den Grundkurs

Die Prüflinge können

- Reaktionsgleichungen für Redoxreaktionen vollständig darstellen und den Teilreaktionen die Begriffe Elektronenaufnahme (Reduktion) und Elektronenabgabe (Oxidation) zuordnen,
- Redoxreaktionen beschreiben, die der Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie dienen (Galvanische Zellen, Brennstoffzelle),
- die Bedeutung einer Brennstoffzelle bei der zukünftigen Energiebereitstellung beurteilen.

#### **Aufgabenstellung**

Gegeben ist die räumliche Abbildung einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle. Die Beschriftung reduziert sich auf die Gase, welche die Elektroden umströmen.

1. Erläutern Sie das Funktionsprinzip der dargestellten Apparatur und formulieren Sie die Elektrodenreaktionen.
2. Definieren Sie an diesem Beispiel den Begriff Redoxreaktion.
3. Erläutern Sie die Voraussetzungen, unter denen Brennstoffzellen sinnvolle Alternativen zu bisherigen Batterien oder Akkumulatoren sein können.

Niveau für den Leistungskurs

Die Prüflinge können

- das Donator-Akzeptor-Prinzip auf Reaktionen mit Elektronenübergang anwenden,
- Oxidation und Reduktion definieren und Redoxpaare angeben,
- den Bau und die Funktionsweise einer galvanischen Zelle aus einem beschreibenden Text oder einer Skizze nach Vorgaben ableiten,
- die wesentlichen Vorgänge bei Elektrolysen und galvanischen Elementen beschreiben,
- die Relevanz der Elektrochemie für den Lebensstandard darstellen,

- herkömmliche Stromquellen mit aktuellen und zukunftsweisenden Entwicklungen bei elektrochemischen Stromquellen vergleichen,
- Möglichkeiten zur elektrochemischen Speicherung von Energie entwickeln.

### **Aufgabenstellung**

Gegeben sind folgende Materialien: Eine Abbildung zeigt eine Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle. Die Beschriftung reduziert sich auf die Gase, welche die Elektroden umströmen. Eine Tabelle enthält eine Zusammenstellung verschiedener Brennstoffzellentypen mit den Brennstoffen und den Betriebsbedingungen.

1. Zeigen Sie in Bezug auf die Abbildung, welche Vorgänge zum Aufbau einer Potenzialdifferenz führen.
2. Übertragen Sie Ihre Überlegungen auf die in der Tabelle dargestellten Zelltypen. Geben Sie die jeweils entscheidenden Redoxpaare und Redoxreaktionen an. Zeigen Sie Möglichkeiten zur Verwendung von zwei der dargestellten Typen auf.
3. Verdeutlichen Sie Möglichkeiten und Grenzen für den Einsatz der von Ihnen gewählten Typen.

**Beispiel 2:**                    **Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion**

**Themenbereich:**        **Chemische Reaktionen**

Niveau für den Grundkurs

Die Prüflinge können:

- Experimentierreihen unter Einfluss verschiedener Reaktionsbedingungen ausführen,
- ein Messprotokoll nach Vorgaben anfertigen,
- Messergebnisse grafisch darstellen,
- Ergebnisse im Sinne der Aufgabenstellung interpretieren.

### **Aufgabenstellung:**

Die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit an der Reaktion von Oxalsäure mit Kaliumpermanganatlösung im sauren Medium soll untersucht werden.

Gegeben ist eine detaillierte Arbeitsanweisung zur Durchführung des Experimentes, wobei die unterschiedlichen Konzentrationen und Temperaturen angegeben sind.

1. Bestimmen Sie jeweils die Zeit von der Zugabe der Kaliumpermanganatlösung bis zur Entfärbung.
2. Stellen Sie die Ergebnisse dieses Experiments in einem Diagramm dar. Setzen Sie für die Reaktionsgeschwindigkeit  $l \cdot t^{-1}$  ein.
3. Werten Sie Ihre Messergebnisse aus.

Niveau für den Leistungskurs:

Die Schülerinnen und Schüler können:

- grundsätzliche Aussagen zur Relevanz der Parameter bzgl. der Reaktionsgeschwindigkeit bei der gegebenen chemischen Reaktion treffen,
- Experimente zum Beleg dieser Abhängigkeit planen und durchführen,

- Versuchsergebnisse protokollieren, mit geeigneten Darstellungsformen veranschaulichen und Versuchsergebnisse im Sinne der Aufgabenstellung interpretieren.

### **Aufgabenstellung:**

Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit am Beispiel der Reaktion von Oxalsäure mit Kaliumpermanganatlösung im sauren Medium.

Folgende Chemikalien stehen zur Verfügung:

Kaliumpermanganatlösung ( $c = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ), Oxalsäure ( $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ), Schwefelsäure ( $w = 10 \%$ ), destilliertes Wasser.

1. Planen Sie Ihr experimentelles Vorgehen und führen Sie das Experiment durch.
2. Werten Sie die Ergebnisse aus.
3. Stellen Sie die Messergebnisse grafisch dar.

## **2 Anforderungsbereiche**

### **2.1 Allgemeine Hinweise**

Die Abiturprüfung soll das Leistungsvermögen der Prüflinge möglichst differenziert erfassen. Dazu werden im Folgenden drei Anforderungsbereiche unterschieden.

Obwohl sich weder die Anforderungsbereiche scharf gegeneinander abgrenzen noch die zur Lösung einer Prüfungsaufgabe erforderlichen Teilleistungen in jedem Einzelfall eindeutig einem bestimmten Anforderungsbereich zuordnen lassen, kann die Berücksichtigung der Anforderungsbereiche wesentlich dazu beitragen, ein ausgewogenes Verhältnis der Anforderungen zu erreichen, die Durchschaubarkeit und Vergleichbarkeit der Prüfungsaufgaben zu erhöhen sowie die Bewertung der Prüfungsleistungen transparent zu machen.

Beim Entwurf einer Prüfungsaufgabe wird jede von den Prüflingen erwartete Teilleistung mindestens einem der drei Anforderungsbereiche zugeordnet.

Offenere Fragestellungen führen in der Regel über formales Anwenden von Begriffen und Verfahren hinaus und damit zu einer Zuordnung zu den Anforderungsbereichen II und III. Die tatsächliche Zuordnung der Teilleistungen hängt davon ab, ob die jeweilige Problemlösung eine Bearbeitung unter Anleitung fordert oder ob selbstständiges Erarbeiten, Anwenden und Bewerten in komplexeren und neuartigen Zusammenhängen erwartet wird.

In jedem Fall ist die Zuordnung zu den Anforderungsbereichen abhängig vom vorangegangenen Unterricht bzw. von im Lehrplan verbindlich vorgeschriebenen Zielen und Inhalten sowie von der Leistungsfähigkeit zugelassener Hilfsmittel.

### **2.2 Fachspezifische Beschreibung der Anforderungsbereiche**

#### **Der Anforderungsbereich I**

- die Wiedergabe von Sachverhalten 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 gehören u. a.:

- Wiedergeben von z.B. Daten, Fakten, Regeln, Begriffen, Definitionen
- Wiedergeben und Erläutern von z.B. Formeln, Gesetzen und Reaktionen

- Beschreiben von bekannten Stoffen, Stoffklassen, Strukturtypen und Modellvorstellungen in der Fachsprache
- Kennen und Wiedergeben der Basiskonzepte
- Wiedergeben von im Unterricht eingehend erörterten Fragestellungen und Zusammenhängen
- Entnehmen von Informationen aus einfachen Texten, Diagrammen, Tabellen
- Erstellen von Reaktionsgleichungen
- Durchführung von Berechnungen und Abschätzungen unter Nutzung von Tabellen bzw. von Messergebnissen
- Sachgerechte Nutzung bekannter Software
- Aufbauen von Apparaturen nach Anweisung oder aus der Erinnerung und sicheres
- Durchführung von Versuchen nach geübten Verfahren mit bekannten Geräten und Aufnehmen von Messwerten
- Erstellen von Versuchsprotokollen
- Darstellen von bekannten Sachverhalten in einer vorgegebenen Darstellungsform, z. B. als Tabelle, als Graf, als Skizze, als Text, Bild, Modell, Diagramm oder Mind-Map

#### **Der Anforderungsbereich II umfasst**

- selbstständiges Auswählen, Anordnen 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 geht.

Dazu gehören u. a.:

- sachgerechtes Wiedergeben von komplexen Zusammenhängen
- Verbalisieren quantitativer und qualitativer Aussagen chemischer Formeln und Reaktionsgleichungen
- Interpretieren von Tabellen und grafischen Darstellungen mit Methoden, die im Unterricht behandelt wurden
- Planen und Auswerten einfacher Versuche zur Lösung vorgegebener Fragestellungen; Durchführen geplanter Experimente
- Anwenden von Modellvorstellungen und Gesetzen zur Lösung von Fragen, die an analogen Beispielen behandelt wurden
- Anwenden elementarer mathematischer Beziehungen auf chemische Sachverhalte
- Auswählen und Verknüpfen bekannter Daten, Fakten und Methoden bei vertrauter oder neuer Aufgabenstruktur
- Analysieren von Material und sachbezogenes Auswählen von Informationen
- Verknüpfen und fächerübergreifendes Anwenden von Wissen; Strukturierung des Wissens mit Hilfe von Basiskonzepten
- Sachgemäßes Urteilen und Argumentieren unter Verwendung der Fachsprache
- Anwenden der im Unterricht vermittelten chemischen Kenntnisse auf Umweltfragen und technische Prozesse

- Analysieren und Bewerten von Informationen aus Medien zu chemischen Sachverhalten und Fragestellungen
- Darstellen und Strukturieren von Zusammenhängen in Tabellen, Grafen, Skizzen, Texten, Schaubildern, Modellen, Diagrammen oder Mind-Maps

### Der Anforderungsbereich III umfasst

- planmäßiges und kreatives Bearbeiten komplexerer Problemstellungen mit dem Ziel, selbstständig zu Lösungen, Deutungen, Wertungen und Folgerungen zu gelangen,
- bewusstes und selbstständiges Auswählen und Anpassen geeigneter gelernter Methoden und Verfahren in neuartigen Situationen.

Dazu gehören u. a.:

- selbstständiges Erschließen von Sachverhalten in einem unbekanntem Zusammenhang
- selbstständiger Transfer des Gelernten auf vergleichbare Sachverhalte bzw. Anwendungssituationen
- selbstständiges und zielgerichtetes Auswählen und Anpassen geeigneter und gelernter Methoden und Verfahren in neuen Situationen
- Planen und gegebenenfalls Durchführen von Experimenten zu vorgegebenen oder selbst gefundenen Fragestellungen
- Entwickeln eigener Fragestellungen und alternativer Lösungsstrategien
- Analysieren komplexer Texte und Darstellen der Erkenntnisse in angemessener und adressatenbezogener Weise
- Einbinden der „Neuen Medien“ beim Präsentieren erworbenen Wissens und gewonnener Einsichten
- Erschließen von Kontexten mit Hilfe der Basiskonzepte
- Betrachtung gesellschaftlich relevanter Themen aus verschiedenen Perspektiven und Reflexion der eigenen Position

### Beispielaufgaben zur Verdeutlichung der Anforderungsbereiche

#### 1 Nachweisreaktionen

| Anforderungsbereich I   | Anforderungsbereich II   | Anforderungsbereich III   |
|---|--|---|
| Nachweis von Chlorid-, Bromid- und Iodid-Ionen in drei verschiedenen Proben unter Verwendung der bereitgestellten Chemikalien. Gefordert sind ein Protokoll und die Darstellung der Reaktionsgleichung in verkürzter Ionenschreibweise. | Nachweis von Chlorid-Ionen und Carbonat-Ionen nebeneinander in einem Feststoffgemisch. Planung und Protokollierung eines Lösungsweges mit Begründung für die Auswahl der Nachweismittel! | Nachweis von Halogenid-Ionen, Carbonat-Ionen und Sulfat-Ionen in einem Lösungs-Gemisch. Entwicklung eines Planes zur Identifizierung auf der Grundlage theoretischer Vorüberlegungen. |
| <b>Hinweis</b>  | <b>Hinweis</b>   | <b>Hinweis</b>  |
| Geräte und Chemikalien werden bereitgestellt. Die Lösungen enthalten jeweils nur eine Ionenart.   | Die Geräte werden bereitgestellt. Die Chemikalien müssen angefordert werden.   | Ein Lösungsgemisch, das Chlorid-, Iodid-, Carbonat- und Sulfat-Ionen enthält, wird bereitgestellt.  |

|  |  |   |
|--|--|---|
| Die Nachweise werden entsprechend beschrieben. | Die Ionennachweise wurden vorher nur getrennt behandelt. Die Art der Auswahl der Nachweismittel und deren Begründung fließen in die Bewertung ein. | Alle anderen Materialien müssen angefordert werden. Die theoretische Vorbetrachtung muss Überlegungen und gegebenenfalls Berechnungen zur Löslichkeit enthalten. Die Korrelation von Löslichkeits- und Säure-Base-Gleichgewichten soll deutlich werden. |
|--|--|---|

## 2 Berechnung zur Energetik

| Anforderungsbereich I  | Anforderungsbereich II  | Anforderungsbereich III  |
|--|---|--|
| Berechnung der molaren Standardreaktionsenthalpie für die Verbrennung von Propan bei gegebener Reaktionsgleichung. | Berechnung der Standardreaktionsenthalpie für die Verbrennung von 10 kg Propan nach vorheriger Erstellung der Reaktionsgleichung. | Vergleich der freien Standardreaktionsenthalpie und der Standardreaktionsenthalpie für die Verbrennung von 10 kg Propan auf der Grundlage geeigneter Berechnungen. Die Abhängigkeit der Reaktionsenthalpie von der Temperatur soll graphisch dargestellt werden. |
| <b>Hinweis</b>   | <b>Hinweis</b>  | <b>Hinweis</b>   |
| Einfache Berechnung nach geübtem Algorithmus   | Anwendung elementarer mathematischer Beziehungen auf einfache chemische Sachverhalte  | Entwicklung eines Lösungsweges, selbstständiges Festlegen von Bedingungen für chemische Sachverhalte und selbstständige Auswahl geeigneter Darstellungsvarianten.  |

## 3 Berechnungen zur Elektrochemie

| Anforderungsbereich I  | Anforderungsbereich II  | Anforderungsbereich III   |
|--|---|---|
| Berechnen Sie die an einer Elektrode abgeschiedene Stoffmenge eines Stoffes (Elektrodenreaktionen, Stromstärke und Zeit sind gegeben). | Berechnen Sie die an den Elektroden abgeschiedenen Massen oder Volumina von Stoffen eines vorgegebenen Elektrolysevorganges unter Einbeziehung eines gegebenen Wirkungsgrades | Aus eigenständig berechneten Ergebnissen die Energiebilanz einer technisch relevanten Elektrolyse abschätzen und unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte bewerten. |
| <b>Hinweis</b>   | <b>Hinweis</b>  | <b>Hinweis</b>  |
| Berechnung nach eingeübten Algorithmen   | Anwendung bekannter mathematischer Berechnungen in den  | Entwicklung der Lösungsstrategie in einem komplexen Aufgabengefüge.   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | Lösungsweg, selbstständiges Aufstellen der zur Lösung notwendigen chemischen Gleichungen | Materialien werden zur Verfügung gestellt. |
|--|--|--|

## **3 Schriftliche Prüfung**

### **3.1 Allgemeine Hinweise**

Die Prüfungsaufgabe – das ist die Gesamtheit dessen, was ein Prüfling zu bearbeiten hat - ist im Grundkurs wie auch im Leistungskurs so gestaltet, dass der Prüfling neben der Wiedergabe von Wissen auch durch den eigenständigen Umgang mit komplexeren Fragestellungen seine Leistungen nachweisen muss. Sie darf sich nicht auf die Inhalte nur eines Kurshalbjahres beschränken (vgl. Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000), § 5 Abs. 4).

Eine Prüfungsaufgabe setzt sich in der Regel aus mehreren Aufgaben zusammen. Dabei ist die Aufgabe durch einen einheitlichen thematischen Zusammenhang definiert. Die Aufgabenstellung soll eine vielschichtige Auseinandersetzung mit einem komplexen Problem zulassen.

Daher soll die Zahl der Aufgaben in einer Prüfungsaufgabe drei nicht überschreiten.

Alle Aufgaben beziehen sich auf Materialien, bei denen die Quelle anzugeben ist, oder Experimente. Jede Aufgabe kann in begrenztem Umfang in Teilaufgaben gegliedert sein. Dabei darf keine kleinschrittige Abfrage einzelner Aspekte erfolgen; die Prüflinge müssen ihre Darstellungen in angemessener Weise selbstständig strukturieren können.

Die Prüfungsaufgabe umfasst Anforderungen in allen drei Anforderungsbereichen. Sie erreicht dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Leistungen im Anforderungsbereich II liegt und daneben die Anforderungsbereiche I und III berücksichtigt werden, und zwar Anforderungsbereich I in höherem Maße als Anforderungsbereich III. Jede Aufgabe soll Anforderungen in allen drei Anforderungsbereichen umfassen.

Die Prüfungsaufgabe enthält Inhalte aus mindestens drei der in Abschnitt 1.2 genannten Themenbereiche und darf sich nicht auf die Inhalte nur eines Kurshalbjahres beschränken (vgl. Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000), § 5 Abs. 4). Es ist zu gewährleisten, dass mit der Prüfungsaufgabe alle Kompetenzbereiche (vgl. 1.1) abgedeckt werden.

#### **Aufgabenarten**

Für die schriftliche Prüfung im Fach Chemie sind folgende Aufgabenarten geeignet:

- Materialgebundene Aufgaben: Erläutern, Auswerten, Interpretieren und Bewerten von fachspezifischem Material (Texte, Abbildungen, Tabellen, Messreihen, Graphen, Filmen, Simulationen u.ä.)
- Bearbeitung eines Demonstrations- oder eines Schülerexperimentes: Beschreiben und Auswerten vorgeführter, dokumentierter oder selbst durchgeführter Experimente und Verwendung der Ergebnisse für anschließende Aufgabenstellungen

Die Überschneidung beider Aufgabenarten ist möglich.

Nicht zugelassen sind:

- ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgaben
- Aufgaben, die eine überwiegend mathematische Bearbeitung erfordern
- Aufgaben ohne Kontextorientierung
- übernommene Aufgaben (z. B. von Verlagen) ohne Zuschnitt auf den Kurs bzw. ohne Berücksichtigung der spezifischen unterrichtlichen Voraussetzungen

Unterscheidungsmerkmale für die Aufgabenstellung in Grundkurs- und Leistungskursfach sind unter 1.3 benannt.

### 3.2 Hinweise zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe

Die Prüfungsaufgabe ist so anzulegen, dass vom Prüfling Leistungen sowohl von möglichst großer Breite (Kompetenzbereiche) als auch von angemessener Tiefe (Anforderungsbereiche) zu erbringen sind.

Jede Aufgabe kann in Teilaufgaben gegliedert sein. Teilaufgaben dürfen nicht beziehungslos nebeneinander stehen. Jede Aufgabe sollte eine übergeordnete Fragestellung zum Ausdruck bringen. Die Aufgliederung einer Aufgabe darf nicht so detailliert sein, dass dadurch ein Lösungsweg zwingend vorgezeichnet wird. Ausdrücklich erwünscht sind offene Aufgabenstellungen, die mehrere Lösungswege ermöglichen.

Die Berücksichtigung mehrerer Themenbereiche (vgl. 1.2) in einer Aufgabe ist erwünscht. Die Teilaufgaben einer Aufgabe sollen so unabhängig voneinander sein, dass eine Fehlleistung in einem Aufgabenteil nicht die Bearbeitung der anderen Teilaufgaben unmöglich macht. Falls erforderlich, können Zwischenergebnisse in der Aufgabenstellung enthalten sein.

Eine Prüfungsaufgabe muss sich auf alle drei in Abschnitt 2.2 beschriebenen Anforderungsbereiche erstrecken. Dadurch wird eine Beurteilung ermöglicht, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Die Prüfungsaufgabe erreicht dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Prüfungsleistungen im Anforderungsbereich II liegt und daneben die Anforderungsbereiche I und III berücksichtigt werden. Dabei erhält der Anforderungsbereich I eine höhere Gewichtung als der Anforderungsbereich III.

Bei experimentellen Aufgabenstellungen ist für den Fall des Misslingens vorab eine Datensicherung vorzunehmen.

Aus der Aufgabenstellung gehen Art und Umfang der geforderten Leistung hervor. Dazu ist der Gebrauch von Operatoren hilfreich.

| <b>Operator</b>           | <b>Beschreibung der erwarteten Leistung</b>   |
|---------------------------|---|
| analysieren / untersuchen | Unter einer gegebenen Fragestellung wichtige Bestandteile oder Eigenschaften herausarbeiten, Untersuchen beinhaltet unter Umständen zusätzlich praktische Anteile |
| anwenden / übertragen     | Einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen   |
| auswerten                 | Daten, Einzelergebnisse oder sonstige Sachverhalte in einen Zusammenhang stellen und gegebenenfalls zu einer abschließenden Gesamtaussage zusammenführen          |
| begründen                 | Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen  |
| berechnen / bestimmen     | Mittels Größengleichungen eine chemische oder physikalische Größe bestimmen   |
| beschreiben               | Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge wiedergeben   |
| bestätigen                | Die Gültigkeit einer Aussage z.B. einer Hypothese oder einer Modellvorstellung durch ein Experiment verifizieren  |
| beurteilen                | Zu einem Sachverhalt eine selbstständige Einschätzung unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden begründet formulieren                                      |
| bewerten / Stellung       | Eine eigene Position nach ausgewiesenen Kriterien vertreten   |

|                           |  |
|---------------------------|--|
| nehmen                    |  |
| darstellen                | Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden und Bezüge in angemessenen Kommunikationsformen strukturiert wiedergeben   |
| diskutieren               | In Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen           |
| dokumentieren             | Alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen  |
| durchführen (Experimente) | Eine vorgegebene oder eigene Experimentieranleitung umsetzen   |
| entwickeln / aufstellen   | Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen. Eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment oder ein Modell schrittweise weiterführen und ausbauen |
| erklären                  | Einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen  |
| erläutern                 | Einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen (chemische Formeln und Gleichungen) veranschaulichen und verständlich machen                                     |
| ermitteln                 | Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren  |
| interpretieren / deuten   | Kausale Zusammenhänge in Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen   |
| nennen / angeben          | Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne nähere Erläuterungen aufzählen  |
| planen (Experimente)      | Zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranleitung erstellen  |
| skizzieren                | Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduzieren und diese grafisch oder als Fließtext übersichtlich darstellen                             |
| strukturieren / ordnen    | Vorliegende Objekte oder Sachverhalte kategorisieren und hierarchisieren   |
| überprüfen / prüfen       | Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken   |
| verallgemeinern           | Aus einem erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage formulieren  |
| vergleichen               | Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln  |
| zeichnen                  | Eine anschauliche und hinreichend exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen  |

### 3.3 Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen (Erwartungshorizont)

„Den Aufgaben der schriftlichen Prüfung werden von der Aufgabenstellerin bzw. dem Aufgabensteller eine Beschreibung der von den Prüflingen erwarteten Leistungen einschließlich der Angabe von Bewertungskriterien beigegeben. Dabei sind von der Schulaufsichtsbehörde gegebene Hinweise für die Bewertung zu beachten und auf die gestellten Aufgaben anzuwenden.“ (§ 5 Absatz 3 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12. 1973 i.d.F. vom 16.06.2000)

Die erwarteten Prüfungsleistungen sind stichwortartig darzustellen. Werden Prüfungen nicht zentral gestellt, so ist der vorangegangene Unterricht, aus dem die vorgeschlagene Prüfungsaufgabe erwachsen ist, so weit kurz zu erläutern, wie dies zum Verständnis der Aufgabe notwendig ist. Damit soll zugleich der Bezug zu den Anforderungsbereichen einsichtig gemacht werden.

Zugelassene Hilfsmittel sind anzugeben. Beim Einsatz der Hilfsmittel muss der Grundsatz der Gleichbehandlung gewahrt bleiben. Bei dezentraler Aufgabenstellung sind die Quellen, die zur Erstellung der Aufgabe herangezogen wurden, und das eingeführte Lehrbuch anzugeben.

### **3.4 Bewertung von Prüfungsleistungen**

Nach § 6 Absatz 5 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000) soll aus der Korrektur und Beurteilung der schriftlichen Arbeit hervorgehen, „welcher Wert den von der Schülerin bzw. dem Schüler vorgebrachten Lösungen, Untersuchungsergebnissen oder Argumenten beigemessen wird und wieweit die Schülerin bzw. der Schüler die Lösung der gestellten Aufgaben durch gelungene Beiträge gefördert oder durch sachliche oder logische Fehler beeinträchtigt hat. Die zusammenfassende Beurteilung schließt mit einer Bewertung gemäß Ziffer 9.1 und 9.2 der Vereinbarung vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000.“

Das Beurteilen der von den Prüflingen erbrachten Prüfungsleistung erfolgt unter Bezug auf die beschriebene erwartete Gesamtleistung. Den Beurteilenden steht dabei ein Beurteilungsspielraum zur Verfügung.

In die Bewertung gehen Leistungen aus dem Kompetenzbereich Kommunikation ein. Vor allem erläuternde, kommentierende und begründende Texte sind unverzichtbare Bestandteile der Bearbeitung. Mangelhafte Gliederung, Unsicherheiten in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Darstellungen sind als fachliche Fehler zu werten.

Schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der Muttersprache (Unterrichtssprache) oder gegen die äußere Form gemäß § 6 Abs. 5 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000) zu bewerten.

Liefern Prüflinge zu einer gestellten Aufgabe oder Teilaufgabe Bearbeitungen, die in der Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen nicht erfasst waren, so sind die erbrachten Leistungen angemessen zu berücksichtigen. Dabei kann der vorgesehene Bewertungsrahmen für die Teilaufgabe nicht überschritten werden.

Grundlage der Bewertung ist der Erwartungshorizont. Bei der Zuweisung der Bewertungseinheiten zu einem Lösungsschritt sollte ein ganzheitlicher Ansatz gewählt werden, es geht also nicht um den Vergleich einzelner Stichworte, sondern um die Schlüssigkeit der Argumentation. Daher kann trotz vollständiger Übereinstimmung der Begrifflichkeiten eine deutlich schlechtere Bewertung erfolgen, wenn z.B. die Argumentation nicht schlüssig ist oder fachsprachliche Fehler enthält.

Die Festlegung der Schwelle zur Note „ausreichend“ (05 Punkte) und die Vergabe der weiteren Noten sind Setzungen, die in besonderem Maße der pädagogischen Erfahrung und Verantwortung der Beurteilenden unterliegen.

Die Note „ausreichend“ (05 Punkte) soll erteilt werden, wenn annähernd die Hälfte (mindestens 45 Prozent) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist. Dazu reichen Leistungen allein im Anforderungsbereich I nicht aus. 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“ (11 Punkte) soll erteilt werden, wenn annähernd vier Fünftel (mindestens 75 Prozent) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind. Dabei muss die gesamte Darstellung der Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen.

## **4 Mündliche Prüfung**

### **4.1 Besonderheiten und Aufgabenstellung**

Die mündliche Prüfung muss sich auf alle vier in Abschnitt 1.1 beschriebenen Kompetenzbereiche erstrecken.

Um in der zur Verfügung stehenden Zeit diese Kompetenzbereiche überprüfen zu können, muss sich die Aufgabenstellung für die mündliche Prüfung grundsätzlich von der für die schriftliche Prüfung unterscheiden. Im Prüfungsgespräch spielen die Kompetenzbereiche Kommunikation und Kontextorientierung eine zentrale Rolle. Die Prüflinge zeigen, dass sie über chemische Sachverhalte in freiem Vortrag berichten und zu chemischen Frage- und Problemstellungen Position beziehen zu können.

Die mündliche Prüfung bezieht sich auf mindestens zwei der in Abschnitt 1.2.1 genannten Themenbereiche.

Im Prüfungsgespräch sollen die Schülerinnen und Schüler insbesondere nachweisen, in welchem Umfang sie

- einen Überblick über grundlegende Begriffe und Fachmethoden besitzen,
- Verständnis für chemische Denk- und Arbeitsweisen haben,
- chemische Zusammenhänge nachvollziehbar darstellen können.

Geeignet sind Aufgabenstellungen, die

- Experimentieranordnungen beinhalten,
- Materialien nutzen,
- Ergebnisse, Skizzen oder Zusammenhänge vorgeben, an denen wesentliche Gedankengänge zu erläutern sind,
- Aufgabenteile enthalten, die sich auf eine Erläuterung des Gedankenganges beschränken, ohne dass die zugehörigen Details im Einzelnen auszuführen sind,
- Übersichten und Zusammenstellungen beinhalten, die fachgerechte Ergänzungen erfordern und übergreifende Bezüge erlauben.

Zur Erarbeitung der Lösungen bieten sich

- die Nutzung geeigneter Werkzeuge (z.B. Software, Fachliteratur),
- der Einsatz von Hilfsmitteln zur Präsentation der Lösungswege und Ergebnisse (z.B. Folien, Modelle, Experimente und Datenprojektion) an.

Aufgaben, die sich in Teilaufgaben zunehmend öffnen, bieten dem Prüfling eine besondere Chance, den Umfang seiner Fähigkeiten und die Tiefe seines chemischen Verständnisses darzustellen. Für den Prüfungsausschuss ermöglichen sie die differenzierte Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Prüflings.

Die Prüfungsaufgabe muss einen einfachen Einstieg erlauben. Sie muss andererseits so angelegt sein, dass in der Prüfung unter Beachtung der Anforderungsbereiche (vgl. 2.2), die

auf der Grundlage eines Erwartungshorizontes zugeordnet werden, grundsätzlich jede Note erreichbar ist.

## **4.2 Kriterien für die Bewertung**

Bei der Bewertung der mündlichen Prüfungsleistung sollen neben den in Abschnitt 1.1 beschriebenen Kompetenzen vor allem folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- Umfang und Qualität der nachgewiesenen chemischen Kenntnisse und Fertigkeiten
- sachgerechte Gliederung und folgerichtiger Aufbau der Darstellung
- Verständlichkeit der Darlegungen, adäquater Einsatz der Präsentationsmittel
- Fähigkeit, das Wesentliche herauszustellen und die Lösung in sprachlich verständlich und in logischem Zusammenhang zu referieren
- Verständnis für chemische Probleme sowie die Fähigkeit, Zusammenhänge zu erkennen und darzustellen, chemische Sachverhalte zu beurteilen, auf Fragen und Einwände flexibel einzugehen und gegebene Hilfen aufzugreifen
- Kreativität und Eigenständigkeit im Prüfungsverlauf

## **4.3 Fünfte Prüfungskomponente**

„Die Abiturprüfung umfasst mindestens 4, höchstens 5 Komponenten. Fünfte Komponente ist entweder eine schriftliche oder eine mündliche Prüfung in einem weiteren Fach oder eine besondere Lernleistung.“ (Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000), 8.2.1) Im Rahmen der fünften Prüfungskomponente können die Länder neue Prüfungsformen entwickeln. Für alle Formen der fünften Prüfungskomponente gelten die Abschnitte 1 bis 4.2 sinngemäß.

Im Folgenden werden für die fünfte Prüfungskomponente als „mündliche Prüfung in neuer Form“ für das Fach bzw. Referenzfach Chemie Festlegungen getroffen, die über die Bestimmungen der Abschnitte 1 bis 4.2 hinausgehen.

### **4.3.1 Besonderheiten**

Die fünfte Prüfungskomponente als „mündliche Prüfung in neuer Form“ zielt insbesondere auf die Einbeziehung größerer fachlicher Zusammenhänge und fachübergreifender Aspekte in die Abiturprüfung.

Sie sollte deshalb vor allem gekennzeichnet sein durch

- einen längeren zeitlichen Vorlauf und
- einen besonderen Stellenwert der vorbereiteten Präsentation.

Hinzu kommt die Möglichkeit, Gruppenprüfungen durchzuführen. Dabei ist durch Begrenzung der Gruppengröße, die Aufgabenstellung und die Gestaltung des Prüfungsgesprächs dafür Sorge zu tragen, dass die individuelle Leistung eindeutig erkennbar und bewertbar ist. Für Gruppenprüfungen eignen sich im Fach Chemie insbesondere Prüfungsaufgaben, bei denen unterschiedliche Aspekte eines Problems behandelt werden.

Die Gewährung eines längeren zeitlichen Vorlaufs kann insbesondere nötig sein bei Prüfungsaufgaben mit komplexerer Fragestellung oder aufwändigerer Erschließung z.B. durch Literatur- oder Internet-Recherche, projektartige Bearbeitung, Experiment, Exkursion.

Die Präsentation wird bestimmt durch die verfügbaren technischen Möglichkeiten, z.B. Folien, Modelle, für Chemie geeignete Software, Präsentationssoftware. Sie geht aus von

einer vorzulegenden Dokumentation der Vorbereitung.

### **4.3.2 Bewertung**

Bei der Bewertung der fünften Prüfungskomponente als „mündliche Prüfung in neuer Form“ kommen neben der nachgewiesenen Fach- und Methodenkompetenz folgenden Merkmalen besondere Bedeutung zu:

- der dokumentierten Vorbereitung
- der Klarheit, Vollständigkeit und Angemessenheit von Dokumentation und Präsentation
- der Selbstständigkeit und der Breite der Argumentation bei der Ausführung der Arbeitsanteile und Arbeitsschritte
- dem Grad der Durchdringung und den aufgezeigten Vernetzungen
- der Souveränität im Prüfungsgespräch

### **4.3.3 Beispiele für Themenbereiche**

Die Themenstellung soll durch Reichhaltigkeit der chemischen oder fachübergreifenden Bezüge gekennzeichnet sein. Sie soll Originalität und Kreativität bei der Bearbeitung ermöglichen.

Die folgenden Beispiele beschreiben Themenbereiche, aus denen Teilaspekte als Prüfungsthemen für die fünfte Prüfungskomponente als „mündliche Prüfung in neuer Form“ besonders geeignet erscheinen:

- Experimentelle Untersuchung und Dokumentation
- Erhebung und Auswertung von Daten
- Simulationen chemischer Vorgänge erstellen
- Ansätze wissenschaftlicher Arbeit (z. B. dokumentierte Mitarbeit im Hochschulbereich)
- Dokumentierte Wettbewerbsergebnisse
- Recherchen zur angewandten Chemie im regionalen Bereich

## II AUFGABENBEISPIELE

Die unten genannten Aufgabenbeispiele sind gleichermaßen für zentral wie für dezentral gestellte Prüfungsaufgaben geeignet. Mit Rücksicht auf die unterschiedliche Praxis in den Ländern bilden die aufgeführten Beispiele für sich keine geschlossenen Prüfungsaufgaben. Anhand der vorgesehenen Bearbeitungszeit ist eine Abschätzung des Aufgabenumfangs möglich.

Die Aufgabenbeispiele enthalten neben der Angabe der Bearbeitungszeit Anmerkungen über die unterrichtlichen Voraussetzungen sowie gegebenenfalls Hinweise zur Versuchsdurchführung.

Im Erwartungshorizont sind die für die Bewertung wesentlichen inhaltlichen Elemente skizziert. Darüber hinaus sind nachzuweisende Kompetenzen exemplarisch ausgewiesen. Durch die Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen werden Schwierigkeitsgrad und Gewichtung der einzelnen Teilaufgaben erkennbar.

Durch die ausgewählten Beispiele sollen keine besonderen thematischen Schwerpunkte gesetzt werden. Vielmehr soll die Vielfalt der Möglichkeiten bei der Themenauswahl und bei der Aufgabenkonstruktion aufgezeigt werden. Die Beispiele betonen die neuen fachdidaktischen Entwicklungen: realer Anwendungsbezug und offene Aufgabenstellung.

### 1. Aufgabenbeispiele für die schriftliche Prüfung

#### 1.1 Aufgabenbeispiele für das Leistungskursfach

##### 1.1.1 Treibstoffe für Fahrzeuge

|  |
|--|
| Leistungskurs: Treibstoffe für Fahrzeuge ca. 100 Minuten |
|--|

#### Material

#### M1 Redetext

„Für den Fahrzeugantrieb stehen gegenwärtig Methan (Erd- und Biogas), Alkohole (Methanol und Ethanol), pflanzliche Öle (beispielsweise Rapsmethylester <sup>1)</sup>) und Elektrizität zur Verfügung. Die Wahl nur einer dieser Alternativen als Ersatz für Benzin/Dieselmotorkraftstoff scheint ökonomisch nicht realistisch - außer möglicherweise bei Erdgas. In verschiedenen Teilen der Welt wird man also, je nach der politischen Lage und den verfügbaren einheimischen Rohstoffen, unterschiedlichen Alternativen den Vorzug geben. Neben dem Aspekt der Umweltverträglichkeit der alternativen Kraftstoffe ist es aber ebenso wichtig, dass Lösungen für Gewinnung und Anlieferung/Versorgung gefunden werden, die den neuen Kraftstoff bequem zugänglich machen - und das zu einem attraktiven Preis. Die vorrangig diskutierten Kraftstoffalternativen sind:

- Methan (Erd- und Biogas): Kurz- bis mittelfristig dürfte Erdgas die gängigste Alternative zu Benzin-/Dieselmotorkraftstoff werden. Die Vorkommen reichen vermutlich fünfzig bis hundert Jahre. Beim Fahrzeugantrieb verursacht Erdgas 20 % weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen als Benzin und entschieden weniger Emissionen toxischer Gase. Biogas lässt sich durch Verrottung organischer Stoffe oder Abfälle erzeugen und durch die Erhöhung des Methangehaltes veredeln. Herstellung und Anwendung von Biogas bewirken lediglich einen sehr kleinen Nettoanstieg von CO<sub>2</sub> und verursachen nur geringe gesundheitsgefährdende Emissionen.

- Alkohole: Methanol und Ethanol lassen sich aus Holz oder aus Landwirtschaftsprodukten herstellen (...).
- Biodiesel: Rapsöl in der Form von Rapsmethylester (RME) eignet sich für die meisten modernen Dieselmotoren, ist jedoch teuer und aufwendig in der Produktion.“

<sup>1</sup> gemeint ist Rapsölmethylester

Redetext zur **Umweltverträglichkeit** von Produkten und Produktion als Ziel in der Automobilherstellung (*Dr. Ralf Beck* : Wasser, Luft und Boden, WLB-Redaktion, Vereinigte Fachverlage, Mainz 6/1998) oder [http://www.tu-harburg.de/umwelt98/papers/sekto\\_r\\_d/beck/text.html](http://www.tu-harburg.de/umwelt98/papers/sekto_r_d/beck/text.html)

## M2 Stoffdaten

| Stoff                 | molare Standardbildungsenthalpie/<br>kJ mol <sup>-1</sup> | molare Standardentropie/<br>J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> | Dichte/<br>g mL <sup>-1</sup> | Siedetemperatur/<br>°C |
|-----------------------|---|---|-------------------------------|------------------------|
| Kohlenstoff (Graphit) | 0   | 5,7   | 2,25                          | 4827                   |
| Wasserstoff           | 0   | 130,7   | 0,00009                       | - 253                  |
| Kohlenstoffdioxid     | - 393   | 213,8   | 0,001977                      | - 78,5<br>(sublimiert) |
| Wasser (g)            | - 242   | 189   |                               | 100                    |
| Wasser (l)            | - 286   | 70  | 1                             | 100                    |
| Methan                | - 75  | 186,2   | 0,000717                      | - 161                  |
| Methanol              | - 239   | 126,8   | 0,791                         | 65                     |
| Ethanol               | - 277   | 160,7   | 0,789                         | 78                     |
| Sauerstoff            | 0   | 205,1   | 0,001429                      | - 183                  |

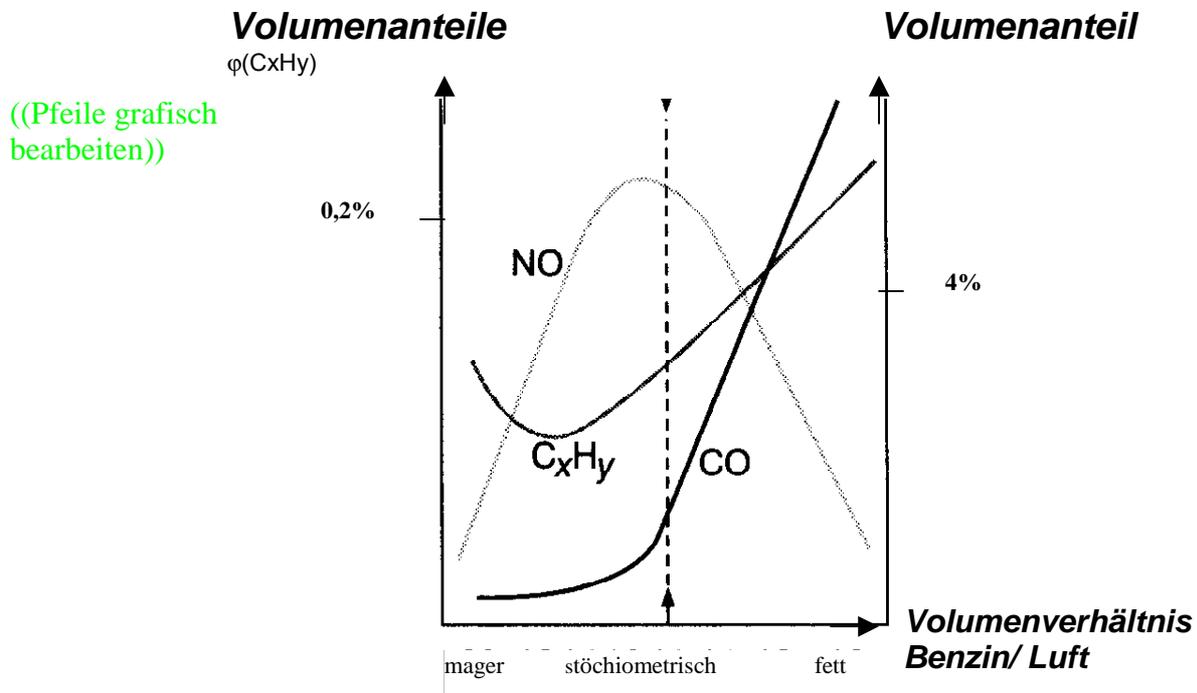
Info:

Die Wärmeenergie die bei der vollständigen Verbrennung von 1 kg Nonan: 44300 kJ frei wird,

entspricht ungefähr der Wärmeenergie, die bei der Verbrennung von 1 kg Benzin frei wird.

**Verbrennungswärme  $Q(\text{Nonan}) = 44\,300 \text{ KJ} \cdot \text{kg}^{-1}$**

## M3 Diagramm zur Zusammensetzung von Abgasen des Benzinmotors



Erläuterung zur Beschriftung des Diagramms:

- Linke Ordinate mit den Volumenanteilen  $\varphi$  von Stickstoffmonoxid und gasförmigen Kohlenwasserstoffen (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)
- rechte Ordinate mit dem Volumenanteil  $\varphi$  von Kohlenstoffmonoxid
- Die Abszisse gibt das Mischungsverhältnis  $V(\text{Benzin}) : V(\text{Luft})$  an, dabei gilt für  
 mager:  $V(\text{Benzin})$  gering;  $V(\text{Luft})$  groß  
 stöchiometrisch: Benzin und Luft sind so gemischt, dass theoretisch ein vollständiger Umsatz erfolgen könnte.  
 fett:  $V(\text{Benzin})$  groß;  $V(\text{Luft})$  gering

### Aufgabenstellung

1. Stellvertretend für die im Benzin enthaltenen Verbindungen kann man den Stoff Nonan (C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>) betrachten.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung dieses Kohlenwasserstoffs.

Berechnen Sie die molare Standardbildungsenthalpie für Nonan.

Beurteilen Sie, mit welchem der Kraftstoffe Nonan oder Ethanol die Reichweite eines Fahrzeuges größer ist.

2. Die Zusammensetzung des Abgases eines Verbrennungsmotors hängt vom Luft-Benzin-Mischungsverhältnis ab.

Erläutern Sie anhand der Reaktionsgleichung aus Teilaufgabe 1 die Zusammenhänge. Beurteilen Sie auch, wie sich ein zu "fettes" Benzin-Luft-Mischungsverhältnis auf den Treibstoffverbrauch des Fahrzeugs auswirkt.

3. Überprüfen Sie die Aussage im Redetext, Erdgas erzeuge 20% weniger Emissionen als Benzin. Vergleichen Sie dazu geeignete Reinstoffe anstelle der genannten Stoffe.

4. Beschreiben Sie einen elektrochemischen Weg zur Bereitstellung elektrischer Energie in Fahrzeugen. Ergänzen Sie Ihre Ausführungen durch Reaktionsgleichungen. Bewerten Sie die Vorteile und Nachteile des Elektroantriebs gegenüber einem Verbrennungsmotor der Methan als Treibstoff verwendet.

## Anmerkungen

### *Unterrichtliche Voraussetzungen:*

Verbrennung von Kohlenwasserstoff-Verbindungen, Berechnungen von Verbrennungsenthalpien.

Emissionen bei Verbrennungen. Speicherung von Energie in Akkumulatoren oder Umsetzung von Energie bei chemischen Reaktionen in Brennstoffzellen. Berechnung von Reaktionsenthalpien und freien Reaktionsenthalpien. Erörterung der Einstellung chemischer Gleichgewichte.

*Hilfsmittel:* Taschenrechner, Periodensystem, Tafelwerk

### *Erwartungshorizont*

| Aufgabe | erwartete Schülerleistung  | Anforderungsbereiche |    |     |
|---------|--|----------------------|----|-----|
|         |  | Bewertung            |    |     |
|         |  | I                    | II | III |
| 1       | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Interpretation chemischer Reaktionen auf der Teilchenebene, Anwendung mathematischer Verfahren und Hilfsmittel zur Lösung exemplarischer chemischer Aufgaben.</i></p> <p><math>C_9H_{20} + 14 O_2 (g) \rightarrow 9 CO_2 + 10 H_2O(g);</math><br/> Mögliche Zwischenergebnisse des Rechengangs:<br/> <math>M(\text{Nonan}) = 128 \text{ g mol}^{-1}; n(\text{Nonan}) = 7,81 \text{ mol}</math><br/> Reaktionsenthalpie <math>\Delta_r H = - 5672 \text{ kJ mol}^{-1}</math><br/> molare Standardbildungsenthalpie <math>\Delta H_m^\circ = - 285 \text{ kJ/mol}</math></p> <p>Berechnung der Stoffmenge <math>n(\text{Ethanol})</math> bezogen auf die Masse <math>m(\text{Ethanol}) = 1 \text{ kg};</math><br/> Berechnung der Standard-Reaktionsenthalpie</p> | 8                    | 16 | 4   |

|   | $\Delta_f H(\text{Ethanol})$ . Vergleich der Energieausbeuten  |   |    |   |
|---|--|---|----|---|
| 2 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Interpretation von Texten und grafischen Darstellungen<br/>Nutzung von Informationsquellen, Erkennen von Kernaussagen<br/>Gezielte Auswahl von Informationen und deren Verknüpfung mit dem erworbenen Wissen.</i></p> <p>Einige in den Antwort zu erwartende Schülerleistungen:<br/>Erkennen, dass die Hauptbestandteile des Abgases in der Grafik nicht erfasst sind. Erläuterung, dass unvollständige Verbrennung am Vorkommen von Kohlenstoffmonooxid und Kohlenwasserstoffen erkennbar sein können. Verständlich machen, dass über die Mischung mit Luft die Verbrennung des Kraftstoffs steuerbar ist. Darstellen, dass ein mageres Gemisch weitgehend verbrennt, aber niemals zu 100 %. Erkennen, dass die Bildung von Stickstoffmonooxid durch die Reaktion von Stickstoff mit Sauerstoff unvermeidlich ist. Vermitteln weshalb bei der unvollständigen Verbrennung ein zu fettes Gemisch den Treibstoffverbrauch erhöht.</p>  | 5 | 12 | 8 |
| 3 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Sachlogische Argumentation und schlüssige Begründung chemischer Sachverhalte und Fragestellungen, Beurteilung von Technikfolgen,<br/>Betrachtung und Bewertung von Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven.</i></p> <p>Beim Vergleich der Emissionen wird z.B. der gleiche freigesetzte Energiebetrag (z. B. 1 MJ) gewählt.<br/>Berechnung der Stoffmengen:<br/>Erdgas (Methan) 1,25 mol CO<sub>2</sub> und 2,49 mol H<sub>2</sub>O(g) je MJ ; für Benzin (Nonan) 1,59 mol CO<sub>2</sub> und 1,76 mol H<sub>2</sub>O(g)<br/>Erkennen und erläutern, dass die Angabe "20 %" also nur auf die Kohlenstoffdioxid-Emissionen zutrifft.<br/>Verdeutlichen, dass bei Wasserdampf die Bilanz gerade umgekehrt ist ( Lösungsoption, welche die Aufgabe nicht zwingend fordert).<br/>(Hinweis: Wichtig wäre auch ein Vergleich der Emissionen unter Berücksichtigung der tatsächlich unvollständig ablaufenden Verbrennungen. Dies ist aber mit den gegebenen Daten nicht durchführbar)</p> | 5 | 10 | 4 |
| 4 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Strukturierung von erworbenem Wissen über Stoffe und chemische Reaktionen auf der Grundlage der facheigener Basiskonzepte .<br/>Beschreibung und Veranschaulichung konkreter chemischer Sachverhalte unter angemessener Nutzung</i></p>   | 6 | 16 | 6 |

|  |  |           |           |           |
|--|--|-----------|-----------|-----------|
|  | <p><i>der Fachsprache.<br/>Beurteilung von Technikfolgen, wirtschaftlichen Aspekten<br/>und Stoffkreisläufen im Sinne der Nachhaltigkeit.</i></p> <p>Beschreibung eines Akkumulators (z. B. Bleiakкумуляtor) oder einer Brennstoffzelle.<br/>Entwickeln der Teilgleichungen bzw. der Reaktionsgleichung für den Gesamtvorgang als Text und in der Formelsprache. Anwenden des Donator-Akzeptor-Konzepts</p> <p>Transfer der Vorteile des Erdgases wie auch der gewählten Variante "Elektrizität" auf die Bereiche Vorkommen, Emissionen, Handling, sowie Fragen der Erzeugung.</p> |           |           |           |
|  | gesamt   | <b>24</b> | <b>54</b> | <b>22</b> |

## 1.1.2 Sanitär-Silikon

**Leistungskurs „Sanitär- Silikon“**

**ca. 90 Minuten**

### 1 M1

Die folgenden Angaben sind auf der Verpackung von „Sanitär-Silikon“ zu finden:

„Sanitär-Silikon“ wird im Sanitärbereich zur Abdichtung von Badewannen, Wasch- und WC-Becken sowie als Dehn- und Dichtungsfugen an Fliesen eingesetzt.

Dieser Fugendichtstoff ist dauerelastisch und wasserabweisend nach der Aushärtung. Er haftet ausgezeichnet auf Glas, Fliesen, Emaille und metallischen Oberflächen, nicht jedoch auf Polyethylenglas.

„Sanitär-Silikon“ härtet im Kontakt mit Luftfeuchtigkeit langsam aus. Die Aushärtung findet auch unter Wasser statt.

Der auftretende Geruch nach Essig verliert sich nach endgültiger Durchhärtung.

Vollständige Aushärtung bei +20°C und mittlerer Luftfeuchtigkeit 3-4 Tage.

In den ersten Stunden nach dem Auftragen kann die Oberfläche des Fugenmittels mit Spülmittel benetztem Finger geformt werden, ohne das „Sanitär-Silikon“ daran haften bleibt.

Der ausgehärtete Fugendichtstoff ist bis + 180°C temperaturbeständig.

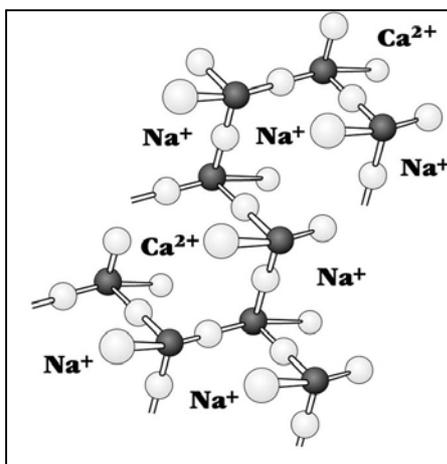


## M2

Der Fugendichtstoff wird vom Hersteller vorbehandelt, bevor er in die Kartusche abgefüllt wird. Es wird dabei eine Vorkondensation durchgeführt zwischen dem Basispolymer und dem Vernetzer. Hierbei entsteht ein Polymer als Zwischenprodukt. Dies wird mit weiteren Vernetzermolekülen wasserdicht in die Kartusche abgefüllt.  
Basispolymer: Polydimethylsiloxan ( $\text{HO}-(\text{Si}(\text{CH}_3)_2-\text{O})_n-\text{H}$ )  
Vernetzer..... $\text{RSi}(\text{OOCCH}_3)_3$

## M3

### Struktur von Glas



hell: Sauerstoffatome  
dunkel: Siliciumatome

(Abbildung aus Tausch-von Wachtendonk: Chemie, Stoff Formel Umwelt, Sek.I, C.C.Buchner Verlag)

### **Aufgabenstellung:**

1. Beschreiben Sie in Form von Text und Reaktionssymbolen den Prozess der Vorkondensation und den Prozess des Aushärtens unter Beachtung der in M1 und M2 genannten Bedingungen!
2. Wählen Sie aus der Verpackungsbeschreibung fünf Eigenschaften des Produktes aus und erklären Sie diese aus chemischer Sicht!
3. Auch mit Kerzenwachs können kleine Risse abgedichtet werden. Begründen Sie, warum die Anwendung von Kerzenwachs anstelle von „Sanitär-Silikon“ keine geeignete Alternative zur Fugenabdichtung im Sanitärbereich darstellt.

Zusatzangaben:

Kerzenwachs kann als ein Gemisch aus langkettigen Alkanen betrachtet werden.

### **Anmerkungen**

#### ***Unterrichtliche Voraussetzungen:***

#### **Beziehungen zwischen Struktur und Eigenschaften**

Reaktionen und Eigenschaften ausgewählter Kunststoffe

Polykondensationsreaktionen

Tenside

#### ***Erwartungshorizont:***

| <b>Aufgabe</b> | <b>erwartete Schülerleistung</b> | <b>Anforderungsbereiche</b> |           |            |
|----------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------|------------|
|                |                                  | <b>Bewertung</b>            |           |            |
|                |                                  | <b>I</b>                    | <b>II</b> | <b>III</b> |

|   |  |   |    |    |
|---|--|---|----|----|
| 1 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Erkennen von Kernaussagen und Verknüpfung mit erworbenem Wissen,<br/>Anwendung von Kenntnissen über Merkmale, Verlauf und Bedingungsabhängigkeit von Reaktionen,<br/>Beschreibung und Veranschaulichung komplexer chemischer Sachverhalte unter angemessener Nutzung der Fachsprache und Verwendung geeigneter Symbole bzw. Formeln</i></p> <p>Strukturformeln der angegebenen Moleküle<br/>Reaktionsablauf der Vorkondensation</p> <p>Reaktionsablauf der Vernetzung:<br/>Kondensation, Zwischenverbindungen, Endprodukt</p> <p>Art der Darstellung (Symbole, Formeln, Gleichungen)<br/>Grad der Komplexität und Ideen der Vereinfachung</p> <p>Sachlogischer Text<br/>Fachsprache</p> |   |    |    |
|   |  | 5 | 15 | 10 |

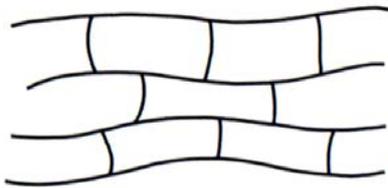
2

Kompetenzen:

*Interpretation von Sachtexten,  
Nutzung von Informationen, Erkennen von  
Kernaussagen und deren Verknüpfung mit erworbenem  
Wissen, Erkennen der Zusammenhänge zwischen  
Struktur und Eigenschaften der Stoffe*

Bei der Textanalyse wird erwartet, dass aus der Vielzahl der Textinformationen die Eigenschaften mit chemischer Relevanz erkannt werden. Diese sind:

**dauerelastisch:**



Die senkrechten Vernetzungseinheiten zwischen den langen waagerechten Siliconketten lassen eine gewisse Verschiebung innerhalb der Struktur zu. Daher ist das Material elastisch.

**wasserabweisend:** Die  $\text{CH}_3$ -Gruppen der Seitenketten machen den hydrophoben Charakter des Moleküls aus. Er kommt besonders zum Tragen, wenn sich das Makromolekül durch die Verankerung auf dem Untergrund so ausrichtet, dass die Methylgruppen nach außen ragen.

**Haftung auf Glas:**

Kurze Erklärung der Glasstruktur

Die partiell negativ geladenen Sauerstoffatome der Silikonkette bilden zwischenmolekulare Brücken zu den Metall-Kationen im Glas.

In Analogie können zwischenmolekulare Brücken zu den Atomrümpfen im Metallgitter angenommen werden.

**Keine Haftung auf PE:**

Skizzierung von PE-Struktur

Es sind keine positiv geladenen Anknüpfungspunkte für zwischenmolekulare Brücken vorhanden.

Tenside verhindern eine Haftung des Materials an den Händen:

Das unpolare Ende der Tenside richtet sich zur hydrophoben Oberfläche des Sanitär-Silikons aus, während sich das polare Ende des Tensids zu den (feuchten) Händen ausrichtet. Somit wird eine Verankerung des Makromoleküls mit positiv geladenen Anknüpfungspunkten der Haut

|   |  |    |    |    |
|---|--|----|----|----|
|   | <p><b>Aushärtung mit Wasser:</b><br/>Hinweis auf den in Aufgabe 1 erarbeiteten Reaktionsablauf. Wasser katalysiert den Reaktionsablauf.</p> <p><b>Vollständige Aushärtung innerhalb von 3-4 Tagen:</b><br/>Polykondensation ist eine langsam ablaufende Reaktion.</p> <p><b>Essiggeruch:</b><br/>Bei der stattfindenden Polykondensation ist Ethansäure ein Endprodukt. Ist die Vernetzung vollständig abgeschlossen, werden keine weiteren Ethansäuremoleküle freigesetzt.</p> <p><b>Temperaturbeständigkeit bis +180°C:</b><br/>Aufgrund der Größe des Moleküls liegt der Siedepunkt sehr hoch. Eine Temperatur von &gt;180°C reicht dagegen bereits aus, die innermolekularen Kräfte zu überwinden. Der Stoff siedet nicht, er zersetzt sich.</p> <p>Bei sehr differenzierten Erklärungen kann trotz unvollständiger Auflistung der Eigenschaften die volle Punktzahl gegeben werden.</p> |    |    |    |
|   |  | 15 | 30 | 5  |
| 3 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Erkennen des Zusammenhangs von Struktur und Eigenschaften, Beurteilung von Eigenschaften unter neuen Perspektiven</i></p> <p>Eigenschaften des Paraffins in Abhängigkeit von der Struktur aufzeigen,<br/>Einsatz von Paraffin beurteilen (wasserabweisend, formbar, kostengünstig, aber brüchig, nicht temperaturbeständig, kaum haftend)</p>   |    |    |    |
|   |  |    | 15 | 5  |
|   | Summe  | 20 | 60 | 20 |

Literatur:  
PdN-ChiS 7/51, Jg.2002, Silicone

### 1.1.3 Luftbatterie

**Leistungskurs: Luftbatterie**

**100 Minuten**

#### Material

M 1 Zeitungsartikel

***Bei diesem Gerät kommt der Strom aus der Luft***

#### Ladegerät für Handys und PDAs

**Das soll's ja auch noch geben:  
Keine Steckdose weit und breit.  
Ein Albtraum für die Mobiltelefonierer. Die Lösung: Ein tragbarer Akkulader, der den Strom sozusagen aus der Luft holt.**

Die US-amerikanische Firma Electric Fuel (<http://www.electric-fuel.com>) hat das Instant-Power-Ladeset hergestellt. [...]

Das Set bezieht seine Energie aus dem hemdtaschen-großen „Power-Pack“, einer speziellen Zink-Luft-Batterie.

Aktiviert wird sie durch den Kontakt mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff. Nach Herstellerangaben soll der Ladevorgang bereits nach rund zwei Stunden abgeschlossen sein. Abgeschaltet wird das Power-Pack“ schlicht dadurch, dass man es wieder in die mitgelieferte Schutztasche steckt.

Wie es heißt, sollen insgesamt bis zu drei Ladezyklen möglich sein. Danach können die Zink-Luft-Batterien wieder „problemlos“ wie Alkaline-Batterien entsorgt werden., so der Hersteller.

Die „Luft“-Ladegeräte sind bereits für viele der gängigsten Handys erhältlich und inzwischen auch für einige PDAs, die „persönlichen digitalen Assistenten“. Das Ladegerät-

Set kostet ca. 40 DM, die Ersatzbatterie schlägt mit ca. 25 DM zu Buche.

Die Kosten dürften derzeit einer weiteren Verbreitung im Wege stehen. Denn selbst ein teurer Handy-Ersatzakku ist auf Dauer günstiger. Dennoch dürfte die Technologie in Zukunft von sich reden machen.

Quelle: Westdeutsche Allgemeine Zeitung WAZ vom 05.Juli 2001

## M2 Technische Daten:

|  |  |
|--|--|
| Power Pack EF-33-C! (aus: Onlineprospekt der Firma Drahtlose Nachrichtentechnik, 63128 Dietzenbach, <a href="http://www.dnt.de">http://www.dnt.de</a> ): |  |
| Aufbau   | 4 Zink-Luft Batteriezellen   |
| Spannung   | 5,6 V  |
| Kapazität  | 3300 mAh   |
| Gewicht  | 76 g   |
| Lagertemperatur  | -20° C bis 50° C (in Originalverpackung)   |
| Haltbarkeit  | 24 Monate (in Originalverpackung), bis zu drei Monate nach erfolgter Aktivierung |
| Entsorgung   | wie alle Standard-Alkaline-Batterien.  |

## M3 Zusatztext: Werbetext für das Power-Ladeset:

Niemand geht mehr ohne Handy auf eine Reise.  
Zuvor muss der Akku voll aufgeladen sein. Vergessen Sie nicht den Adapter.  
Sie sind auf einer mehrtägigen Trekkintour weitab von der Zivilisation und müssen Hilfe anfordern. Aber ihr Handy-Akku ist leer. Was tun?  
Das Power-Ladeset ist die Rettung!

## Arbeitsaufträge:

- 1. Erklären Sie die elektrochemische Wirkungsweise des Power-Pack, nutzen Sie relevante elektrochemische Fachbegriffe und geben Sie entsprechende Reaktionsgleichungen an.**
- 2. Planen Sie einen Modellversuch zur elektrochemischen Wirkungsweise des Power-Pack. Stellen Sie Ihr Ergebnis mittels Schemazeichnung zum Versuchsaufbau dar.  
Führen Sie den Modellversuch durch und messen Sie die Zellspannung.**
- 3. Berechnen Sie die zu erwartende Zellspannung und vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit den Angaben des Herstellers.**
- 4. Nennen Sie Gründe, warum sich die power-packs nicht flächendeckend durchgesetzt haben. Neben den Kosten spielen noch andere Gründe eine Rolle.**

## Zusatzangaben:

1. Chemikalien:  
Kaliumhydroxidlösung mit  $c(\text{KOH}) = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
2. Annahme: Die Konzentration des Sauerstoffs an der Elektrode wird zur Vereinfachung mit  $c(\text{O}_2) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  angenommen.  
Die Konzentration der Zink-Ionen in der Lösung beträgt  $c(\text{Zn}^{2+}) = 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

## Anmerkungen:

### Hilfsmittel:

Taschenrechner, Tabellenwerk

### Geräte:

Für die Durchführung des Experiments werden eine Auswahl geeigneter Glasgeräte, Elektroden, ein Multimeter und Kabelmaterial zur Verfügung gestellt.

## 2 Hinweis:

Falls der Versuch nicht geplant oder nicht mit einem angemessenen Ergebnis abgeschlossen wird, kann dem Prüfling ein Ersatzergebnis für die Lösung des Aufgabenteils 3 angegeben werden.

### Unterrichtliche Voraussetzungen:

Aus dem Unterricht ist die galvanische Zelle mit ihren technischen Anwendungen bekannt (Leclanche'-Element, Bleiakkumulator, möglicherweise Brennstoffzelle). Die Elektrolyse verschiedener Lösungen (z.B. Kalilauge, Schwefelsäure, Natriumchlorid-Lösung) wurde durchgeführt und die Abscheidungspotenziale ermittelt. Die entsprechenden fachlichen Inhalte (Anode, Kathode, Polung, Lösungsdruck, Potenzial, Spannungsreihe, Potenzialdifferenz) sind bekannt und wurden an verschiedenen Beispielen angewandt. Die Prüflinge sind es gewohnt, Experimente selbstständig zu planen und durchzuführen.

### Erwartungshorizont

| Aufgabe | erwartete Schülerleistung   | Anforderungsbereiche<br>Bewertung |    |     |
|---------|---|-----------------------------------|----|-----|
|         |   | I                                 | II | III |
| 1       | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Nutzungen von Informationsquellen, erkennen von Kernaussagen, gezielte und kritische Auswahl von Informationen, verknüpfen der Informationen mit dem erworbenen Wissen</i></p> <p><i>Beschreibung und Veranschaulichung konkreter chemischer Sachverhalte unter angemessener Nutzung der Fachsprache</i></p> <p>Erkennung der relevanten Aussagen. Zink wird oxidiert, Anode, (-)-Pol, Sauerstoff wird reduziert, Katode, (+)-Pol, Elektronenübertragung, Stromfluss, Sauerstoffzufuhr von außen, damit der „Ladevorgang“ abläuft.</p> $\begin{array}{l} 2 \text{ Zn(s)} \qquad \qquad \qquad \rightarrow 2 \text{ Zn}^{2+} \text{ (aq)} + 4 \text{ e}^{-} \\ 2 \text{ H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^{-} \qquad \rightarrow 4 \text{ OH}^{-} \text{ (aq)} \\ \hline 2 \text{ Zn(s)} + \text{O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Zn}^{2+} \text{ (aq)} + 4 \text{ OH}^{-} \text{ (aq)} \end{array}$ | 10                                | 15 |     |

|         |   |    |    |    |
|---------|---|----|----|----|
| 2       | <p><u>Kompetenzen:</u><br/> <i>Selbstständige Planung, Durchführung, Beobachtung, Beschreibung und Auswertung chemischer Experimente</i><br/> <i>Anwendung vertieften Verständnisses auf chemischer Phänomene</i></p> <p>Sauerstoff reagiert, von außen zugeführt, an einer inerten Elektrode (z. B. Graphit). Zinkblech dient als Zinkelektrode, Kalilauge als Elektrolyt, Diaphragma,<br/> Zeichnung:<br/> Lit. (2), S. 46<br/> Versuchsaufbau und Durchführung, Messwert wird angegeben: ca. 1,35 V</p>  |    |    |    |
|         |   | 15 | 20 | 10 |
| 3       | <p><u>Kompetenzen:</u><br/> <i>Anwendung mathematischer Verfahren und Hilfsmittel zur Lösung exemplarischer chemischer Aufgaben an</i><br/> <i>Betrachten von Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven und sachgerechte Bewertung auf der Grundlage chemischer Kenntnisse</i></p> <p><math>U = U_{\text{H}}(\text{O}_2 / 4\text{OH}^-) - U_{\text{H}}(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn})</math></p> <p><math>U_{\text{H}}(\text{O}_2 / 4\text{OH}^- (c=3\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})) =</math><br/> <math>U_{\text{H}}^0(\text{O}_2 / 4\text{OH}^-) + \frac{0,059}{4} \text{ V} \cdot \lg \frac{1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{3\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} =</math><br/> <math>0,4 \text{ V} - 0,007 \text{ V} = 0,393 \text{ V}</math><br/> <math>U_{\text{H}}(\text{Zn}^{2+} (c= 0.000001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}) / \text{Zn}) =</math><br/> <math>U_{\text{H}}^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) + \frac{0,059}{2} \text{ V} \cdot \lg \frac{0,000001\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} =</math><br/> <math>-0,76 \text{ V} - 0,177\text{V} = -0,937 \text{ V}</math></p> <p><math>U = 0,393 \text{ V} - (-0,937 \text{ V}) = \underline{1,330\text{V}}</math></p> <p>Aus der Firmenangabe ergibt sich, dass jede Einzelzelle eine Spannung von 1,4 V abliefern. Bewertung des Ergebnisses.</p> |    | 20 | 10 |
| Gesamt: |   | 25 | 55 | 20 |

**Literatur:**

1. Zeitungsartikel (Westdeutsche Allgemeine Zeitung WAZ vom 05.Juli 2001)
2. Jansen, W. u. a.: Elektrochemie. Aulis Kolleg Chemie, Aulis, Köln, 1982
3. Online-Prospekt der Firma Drahtlose Nachrichtentechnik, 63128 Dietzenbach,  
<http://www.dnt.de>

## 1.1.4 Sulfasalazin ein Medikament

**Leistungskurs: Sulfasalazin**

**ca. 100 Minuten**

### Material

Sulfasalazin (M1) ist ein Medikament, dass auf Grund seiner besonderen Verträglichkeit bei Rheumaerkrankungen (auch bei Jugendlichen und Kindern) und auf Grund seiner spezifisch lokalen Wirkung bei Entzündungen des Dickdarms (z.B. *morbus crohn* - eine besonders schwer zu behandelnde und tückische Krankheit) zum Einsatz kommt.

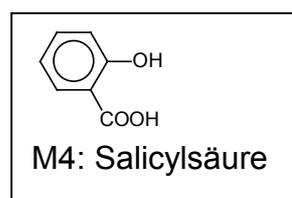
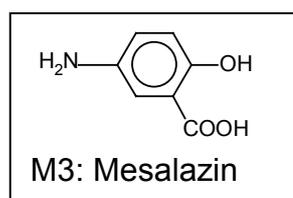
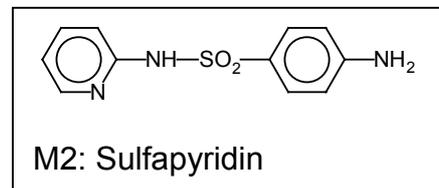
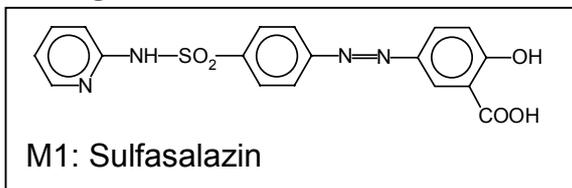
Im RÖMPP CHEMIE LEXIKON findet man:

**Sulfasalazin:** Internat. Freiname für die 2-Hydroxy-5-[4-(2-pyridylsulfamoyl)-phenylazo]-benzoesäure,  $C_{18}H_{14}N_4O_5S$ , MG. 398,39, die früher Salazosulfoypyridin genannt wurde. S. bildet braun-gelbe Kristalle, Schmp.  $240-245^\circ$  (Zers.), unlöslich in Wasser, Benzol, Ether, wenig in Alkohol. Lagerung: vor Licht u. Luft geschützt. Im Verdauungstrakt wird S. enzymatisch in seine Komponenten Sulfapyridin (M2) und Mesalazin (M3) gespalten. Auf letzteres führt man die entzündungshemmende Wirkung von S. bei schweren Dickdarmentzündungen zurück. Über Infertilität bei S.-Langzeittherapien ...

Das Präparat ist ein *prodrug*, es wird als Dragee oral verabreicht.

In der Patentschrift von 1942 und in verschiedenen weiteren Quellen werden für die Synthese Sulfapyridin und Salicylsäure (M4) als Ausgangsstoffe angegeben.

### Zusatzangaben:



### Aufgabenstellung:

1. Der Name des Medikaments setzt sich aus verschiedenen Silben zusammen, die auf die unterschiedlichen Baugruppen des Moleküls schließen lassen. Zeigen Sie die Baugruppen auf und begründen Sie das auffällige Lösungsverhalten des Wirkstoffes.
2. Begründen Sie die Freisetzung der Wirkstoffe im Darm und bewerten Sie die pharmakokinetische Problematik der oralen Darreichung. Ziehen Sie hierbei Vergleiche zu bekannten Präparaten.

3. Entwickeln Sie ein Laborexperiment, das die Spaltung des Präparates ohne Enzym nachbildet, und stellen Sie die Reaktionsführung begründet vor (Mechanismus, experimentelle Bedingungen).
4. Schlagen Sie eine Reaktionsführung für die Synthese begründet vor (Mechanismus, experimentelle Bedingungen).

### 3 Anmerkungen

#### Unterrichtliche Voraussetzungen

Die molekularen Bausteine sind aus der Diskussion aromatischer Systeme in den Themen "Parmaka und Drogen" und "Farbstoffe" bekannt. Die Sulfa-Gruppe ist unbekannt.

Aufgabe 1: Löseeigenschaften wurden im Zusammenhang mit der Besprechung der ASS und der Sulfonierung von Aromaten besprochen. Hier wurden auch Substituenten-, sterische und elektrische Einflüsse auf die Löslichkeit von Ringsystemen und Farbstoffen diskutiert, der im Arbeitsauftrag hergestellte Gesamtzusammenhang ist neu.

Aufgabe 2: Galenikprobleme und die Steuerung von Wirkstofffreisetzungen über den pH-Wert wurden an ASS und Abkömmlingen behandelt. Argumentationsmuster über das chemische Gleichgewicht wurden in Vertiefung der Aussagen zum Massenwirkungsgesetz im 2-Kompartimentmodell geübt.

Die Konkurrenz zwischen Wirkstofffreisetzung und Ausscheidung wurde über die Diskussion der minimalen therapeutisch wirksamen Konzentration mit grafisch unterstützten Simulationsmodellen erarbeitet. Die Zusammenführung der Betrachtungen ist für die Prüflinge neu.

Aufgabe 3: Die Stabilität der Azo-Gruppe wurde an verschiedenen Beispielen diskutiert (z.B. Kongorot). Die Bildung von Aminen aus Nitro-Verbindungen ist bekannt. Die Spaltung der Azo-Gruppe zur Darstellung der beiden Amine ist neu. Die Entwicklung eigener Versuchsvorschriften wurde in der Qualifikationsphase durchgängig eingeübt

Aufgabe 4: Azokupplungen wurden an verschiedenen Beispielen (auch im Schülerexperiment) bearbeitet (z.B. Methylorange). Der Synthesemechanismus ist bekannt. Orientierung auf Grund von Substituenteneinflüssen wurden insbesondere bezogen auf die OH-Gruppe untersucht. Medikamente mit Azo-Gruppe wurden nicht besprochen.

#### Erwartungshorizont

| Aufg. | erwartete Schülerleistung   | Anforderungsbereiche<br>Bewertung |    |     |
|-------|---|-----------------------------------|----|-----|
|       |   | I                                 | II | III |
| 1     | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Erkennen und Benennen der Gruppen: Sulfa-, Azo- und Salicyl- mit fachsprachlich korrekter Darstellung von Struktur-Eigenschaft-Beziehungen</i></p> <p>(Eine Anmerkung zur Sulfa-Gruppe im Vergleich zur Sulfonyl-Gruppe ist erwünscht, auch ohne diese Anmerkung ist die Aufgabe argumentativ lösbar.)</p> <p>Sulfa-, Carbonsäure- und OH-Bausteine/-Substituenten</p> |                                   |    |     |

|   |  |    |    |   |
|---|--|----|----|---|
|   | weisen auf gute Wasserlöslichkeit hin, die Ringsysteme auf Löslichkeit in unpolaren Lösemitteln. Der Sulfa-Baustein ist durch die Anbindung des heterocyclischen Rings in seiner polaren Wirkung gehemmt / abgeschirmt. Carbonsäure- und OH-Substituent können auf Grund der +I-Effekte des tragenden Ringsystems nicht protolysieren.   | 5  | 12 | 3 |
| 2 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Sachgerechte Klärung und Darstellung komplexer Fragestellungen mit Reorganisation bekannter Gegenstände; begründetes Bewerten von Sachproblemen.</i></p> <p>Notwendig ist eine säureresistente Ummantelung des Dragees. Wegbeschreibung des Dragees über Magen (sauer) in den Darm (basisch). Im Darm ist die Löslichkeit erhöht (Salzbildung). Argumentation über Gleichgewichtslagen und Kompartimentmodell.</p> <p>Enzymatische Spaltung → Konkurrenz zwischen Wirkstofffreisetzung und Ausscheidung</p> <p>Zeit- und Konzentrationsproblem bei der Applikation der Wirkstoffe im Darm → Langzeittherapeutikum, Dosierungsproblematik (LD50)</p> <p>Vergleich mit z.B. mit ASS (Ester wird im Darm gespalten, Verseifung).</p> | 10 | 15 | 5 |
| 3 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Selbstständige Erarbeitung von Experimenten zur Problemlösung; Wissen reorganisieren und argumentativ gestützt vernetzen; Beiträge durch grafische Darstellungen unterstützen.</i></p> <p>Stabilitätsbetrachtung: Azo-Gruppe „verträgt“ keine hohen Temperaturen, N<sub>2</sub>-Abspaltung</p> <p>Variante 1: Oxidative Spaltung der Azo-Gruppe und anschließende Hydrierung über Katalysator in geringer Wärme</p> <p>Oder</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variante 2: Direkte Hydrierung mit Katalysator</li> </ul> <p>Darstellung mechanistischer Überlegungen mit Ladungsverteilung, Angriffslokalisierung, Umlagerungen der Bindungen</p> <p>Lit.: Organikum</p>  | 10 | 15 | 5 |
| 4 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Anwenden von Kenntnissen über chemische Reaktionsführungen in neuen Problemsituationen</i></p> <p>Herstellung des Diazoniumsalzes aus M2 durch Umsetzung mit Natriumnitrit in salzsaurer Lösung in der Kälte → Diazoniumion</p> <p>Umsetzung mit M4 → Produkt fällt aus (Löseverhalten)</p>   |    |    |   |

|  |   |    |    |    |
|--|---|----|----|----|
|  | Anwendung des bekannten Mechanismus (Ladungsverteilung), der dirigierende Einfluss der OH-Gruppe muss deutlich und begründet herausgearbeitet werden. | 5  | 9  | 6  |
|  | <b>gesamt</b>   | 30 | 51 | 19 |

## 1.2 Aufgabenbeispiele für das Grundkursfach

### 1.2.1 Chemische Reinigung

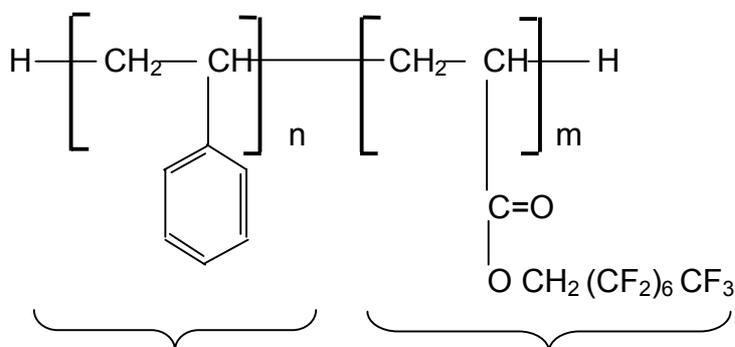
#### Grundkurs: Chemische Reinigung

ca. 60 Minuten

#### Material

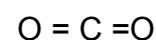
Viele chemische Reinigungen benutzen für die sogenannte "Trockenreinigung" (wasserfreies Reinigungsbad) empfindlicher Kleidungsstücke das unpolare organische Lösungsmittel PER, das aber als potenziell umweltschädlich angesehen wird.

Als Alternative entwickelte der amerikanische Chemiker J. M. DeSimone ein Reinigungsverfahren, bei dem flüssiges Kohlenstoffdioxid als Lösungsmittel zum Einsatz kommt (Kohlenstoffdioxid liegt z. B. bei 20°C und einem Druck größer oder gleich  $55,4 \times 10^3$  hPa flüssig vor). Das Kohlenstoffdioxidmolekül ist unpolare, das Lösungsvermögen für unpolare Schmutzpartikel ist bei flüssigem Kohlenstoffdioxid jedoch schlechter als das von PER. Wasserlösliche Verunreinigungen (z. B. Salze aus Schweißabsonderungen oder Zucker aus Getränken) lassen sich naturgemäß nur schlecht mit reinem flüssigem Kohlenstoffdioxid entfernen. J.M. DeSimone ist es gelungen, Polymere zu entwickeln, die als Zusatz zu flüssigem Kohlenstoffdioxid die Löslichkeit sowohl von hydrophilen als auch von hydrophoben Verunreinigungen in flüssigem Kohlenstoffdioxid verbessern. Im Gemisch und Zusammenspiel mit diesen neuen chemischen Hilfsstoffen wurde Kohlenstoffdioxid zu einem effizienten Lösungsmittel für die chemische Reinigung.



"CO<sub>2</sub> – phobes" Segment "CO<sub>2</sub> – philes" Segment

Grundstruktur des DeSimone-Tensids



Strukturformel des CO<sub>2</sub>-Moleküls

Die „CO<sub>2</sub>-philen“ Segmente sind für die Löslichkeit des Polymers im Lösungsmittel CO<sub>2</sub> verantwortlich. Die oben abgebildeten „CO<sub>2</sub>-phoben“ Segmente können durch chemische Veränderungen stärker lipophil oder stärker hydrophil gestaltet werden und damit die Ablösung von Schmutz unterschiedlicher Eigenschaften hervorrufen.

### Aufgabenstellung:

1. Erläutern Sie den „CO<sub>2</sub>-phoben“ bzw. „CO<sub>2</sub>-philen“ Charakter der entsprechenden Segmente im DeSimone-Tensid und erklären Sie die Beeinflussung der Schmutzablösung durch chemische Veränderung des Tensids.
2. Erklären Sie unter Mitverwendung geeigneter Skizzen, wie die Polymere von DeSimone als Reinigungsmittel sowohl für hydrophilen als auch für lipophilen Schmutz wirken, wenn Kohlenstoffdioxid als Lösungsmittel verwendet wird. Gehen Sie bei Ihrer Erklärung auf die Ähnlichkeiten zum Reinigungsverfahren mit Wasser und Seife ein.
3. Das oben angegebene Polymermolekül kann aus 2 Monomertypen hergestellt werden. Geben Sie die Strukturformeln der Monomere an und nennen Sie einen denkbaren Verknüpfungsmechanismus. Stellen Sie dar, welches augenfällige Problem bei der Prozessführung im Hinblick auf das angestrebte Produkt bewältigt werden muss?
4. Bewerten Sie den Einsatz des beschriebenen Reinigungsverfahrens unter ökologischen Gesichtspunkten und begründen Sie Ihre Einschätzung.

### Anmerkungen

#### **Unterrichtliche Voraussetzungen:**

Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Eigenschaften, Tenside und Seifen als waschaktive Substanzen, Waschwirkung, radikalische Polymerisation, ökologische Problematik der Halogenkohlenwasserstoffe

#### **Erwartungshorizont**

| Aufg. | Erwartete Schülerleistung   | Anforderungsbereiche, Bewertung |    |     |
|-------|---|---------------------------------|----|-----|
|       |   | I                               | II | III |
| 1.    | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Auswahl der Kernaussagen aus Text und Bild, Erkennen des Zusammenhangs zwischen Struktur und Eigenschaften, Veranschaulichung der chemischen Sachverhalte unter angemessener Nutzung der Fachsprache bzw. unter Verwendung geeigneter Formeln.</i></p> <p>CO<sub>2</sub> ist ein unpolares Molekül in Folge der räumlichen</p> |                                 |    |     |

|    |   |    |    |    |
|----|---|----|----|----|
|    | <p>Anordnung, die Bindung zwischen C und O ist jeweils polar. Analoges gilt für den Molekülteil <math>-\text{CH}_2(\text{CF}_2)_6\text{CF}_3</math>; die Bindung zwischen C und F ist polar</p> <p>Wechselwirkung im Sinne von „Gleiches löst ...“ ist zwischen den polaren Molekülabschnitten möglich.</p> <p>Im <math>\text{CO}_2</math>-phoben Segment sind auch die Bindungen zwischen den einzelnen Atomen unpolar; keine nennenswerte bindende Wechselwirkung zum <math>\text{CO}_2</math>-Molekül möglich.</p> <p>Abwandlung des <math>\text{CO}_2</math>-feindlichen Segmentes durch Einführung geeigneter Substituenten in den Ring: hydrophile Reste verbessern die Wechselwirkung mit hydrophilen Substanzen (z. B. <math>-\text{COOH}</math>, <math>-\text{OH}</math>, <math>\text{NH}_2</math> ..); lipophile Reste verbessern die Wechselwirkung mit lipophilen Substanzen (z. B. <math>-(\text{CH}_2)_{10}-\text{CH}_3</math>)</p> | 8  | 16 | 6  |
| 2. | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Betrachtung des Sachverhaltes aus unterschiedlichen Perspektiven, Erkennen der vertikalen Vernetzung der Kenntnisse innerhalb eines Sachzusammenhangs, Darstellung des Sachverhaltes in geeigneter Form, etwa durch Verwendung von Skizzen</i></p> <p>Ablösung von Schmutz (polar und unpolar) von der Faser; Halten von Schmutz (polar und unpolar) in der „Waschflotte“ (<math>\text{CO}_2</math>-freundliches Segment stets in Richtung <math>\text{CO}_2</math>; 2 Varianten des <math>\text{CO}_2</math>-feindlichen Segmentes: mit hydrophilem bzw. lipophilem Anteil)</p> <p>Vergleich mit der Anordnung der Seifenanionen relativ zum Schmutz in Wasser.</p>   | 8  | 24 | 8  |
| 3. | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Anwendung von Kenntnissen über den Verlauf chemischer Reaktionen, Darstellung in Formeln</i></p> <p>Strukturformeln der beiden Monomere; z. B. radikalische Polymerisation<br/>Problem: Erzielung der besonderen Reihenfolge</p>   | 8  | 8  | 4  |
|    | gesamt  | 24 | 52 | 24 |

## Literatur

Green Chemistry , GDCh , Wiley-VCH, ISBN 3-527-30815-6, S. 112 ff, insbesondere S. 127f

## 1.2.2 Untersuchung eines Backtriebmittels

|   |
|---|
| <i>Grundkurs: Untersuchung eines Backtriebmittels</i> <i>ca. 60 Minuten</i> |
|---|

### 4 Material

#### **Fehler! Unbekanntes Schalterargument.**

Beschreibung auf der Verpackung:

FUCHS Hirschhorn Salz (Ammoniumhydrogencarbonat E 503) – ist ein Backtriebmittel, das seine volle Aktivität bei Backtemperaturen von über 60 °C entfaltet. Es dient damit der Lockerung und Verfeinerung von Dauerbackwaren wie Leib- und Honigkuchen, Printen, Makronen, Hart- und Weichkeks sowie Biskuits.

### 5 Aufgabenstellung

- 1 Entwickeln Sie einen Plan zur Durchführung eines Modellexperiments für die Wirkung von Hirschhornsalz beim Backen. Entwerfen Sie eine

Skizze für eine geeignete Experimentieranordnung.  
Planen Sie den Nachweis zweier Reaktionsprodukte.

Führen Sie die entsprechenden Experimente durch und werten Sie Ihre Beobachtungen aus.

- 2 Überprüfen Sie die wässrige Lösung von Hirschhornsalz mit einem geeigneten Indikator.  
Begründen Sie Ihre Beobachtungen.

- 3 Neben Hirschhornsalz enthalten einige andere Backtriebmittel auch feste Säuren, z.B. Citronensäure.  
Beim Lösen dieses Gemisches in Wasser ist eine Gasentwicklung zu beobachten, die zum Auftreiben des Teigs führt.

Erläutern Sie diesen Sachverhalt unter Einbeziehung von Reaktionsgleichungen (verkürzte Ionenschreibweise).  
Begründen Sie die besondere Eignung dieses Stoffgemisches als Backtriebmittel.

## 6 Anmerkungen

### *Hilfsmittel*

Tafelwerk

### ***Bereitzustellende Chemikalien und Geräte***

Hirschhornsalz (Ammoniumhydrogencarbonat)  
Barytwasser *oder* Kalkwasser  
Kupfer(II)-sulfat, entwässert  
Universalindikatorpapier bzw. Universalindikatorlösung  
dest. Wasser

Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr  
Gasableitungsrohr  
Reagenzgläser, Stopfen, Glasstab  
*oder* andere geeignete Geräte zur thermischen Zersetzung und  
für die Nachweisreaktionen  
Reagenzglashalter bzw. Stativ  
Brenner, Spatel, Tropfpipetten

### ***Unterrichtliche Voraussetzungen***

Protolysegleichgewichte  
pH-Wert, Indikatoren  
Ammoniumsalze  
Hydrogensalze  
Dissoziationsgleichungen  
Nachweis von Kohlenstoffdioxid und Ammoniak

### ***Erwartungshorizont***

| Aufg. | erwartete Schülerleistung   | Anforderungsbereiche<br>Bewertung |    |     |
|-------|---|-----------------------------------|----|-----|
|       |   | I                                 | II | III |
| 1     | <u>Kompetenzen:</u><br><br><i>Selbstständiges Planen, Durchführen, Beobachten und Auswerten eines Experiments,<br/>Veranschaulichung konkreter chemischer Sachverhalte unter angemessener Nutzung der Fachsprache</i> |                                   |    |     |

|   |   |    |    |    |
|---|---|----|----|----|
|   | <p>Plan mit entsprechender Skizze:<br/>         Thermische Zersetzung von Ammoniumhydrogen-<br/>         carbonat<br/>         Nachweis der Reaktionsprodukte, z.B.:<br/>         Entstehung von CO<sub>2</sub> – Nachweis mit Barytwasser<br/>         Entstehung von NH<sub>3</sub> – Nachweis mit Universal-<br/>         indikator und Geruchsprobe</p> <p>Durchführung, Beobachtungen</p> <p>Auswertung unter Einbeziehung einer Reaktions-<br/>         gleichung:<br/>         (NH<sub>4</sub>)HCO<sub>3</sub> → NH<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O</p>  | 15 | 30 |    |
| 2 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Selbstständiges Durchführen, Beobachten und Auswerten<br/>         eines Experiments,<br/>         Veranschaulichung konkreter chemischer Sachverhalte unter<br/>         angemessener Nutzung der Fachsprache,<br/>         Strukturieren des erworbenen Wissens auf der<br/>         Grundlage der facheigenen Basiskonzepte<br/>         (Donator-Akzeptor-Konzept)</i></p> <p>Durchführung und Beobachtung</p> <p>Begründung, z.B.:<br/>         Dissoziationsgleichung für (NH<sub>4</sub>)HCO<sub>3</sub>,<br/>         da K<sub>B</sub>(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) &gt; K<sub>S</sub>(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):<br/> <math display="block">\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^-</math>         folglich Überschuss an OH<sup>-</sup>,<br/>         wässrige Lösung reagiert alkalisch</p> | 10 | 15 | 10 |
| 3 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Beschreibung und Erklärung konkreter chemischer<br/>         Sachverhalte unter angemessener Nutzung der<br/>         Fachsprache,<br/>         Strukturieren des erworbenen Wissens auf der<br/>         Grundlage der facheigenen Basiskonzepte<br/>         (Gleichgewichtskonzept)</i></p> <p>Bei der Reaktion der festen Säure mit Wasser<br/>         entstehen Hydronium-Ionen, die mit den Hydrogen-<br/>         carbonat-Ionen reagieren:</p> $\text{R-COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{R-COO}^-$ $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  |    |    |    |

|  |   |           |           |           |
|--|---|-----------|-----------|-----------|
|  | Beeinflussung der Gleichgewichte (siehe 2.) in Richtung Neutralität des Teigs beim Backen |           | 15        | 5         |
|  | <i>Gesamt</i>   | <b>25</b> | <b>60</b> | <b>15</b> |

### 1.2.3 Citronensäure

Grundkurs: Citronensäure

ca. 60 Minuten

#### Material

Das Medikament Blemaren<sup>®</sup> wird zur Behandlung von Harnleiden (Harnsäuresteinen) eingesetzt.

**M 1** Auszug aus der Packungsbeilage für das Medikament Blemaren<sup>®</sup> :

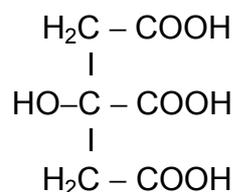
Zusammensetzung:

1 Brausetablette enthält:    Arzneilich wirksame Bestandteile:  
Citronensäure, wasserfrei    1197,0 mg  
Natriumcitrat, wasserfrei    835,5 mg  
Kaliumhydrogencarbonat    967,5 mg

Dosierung: ...

Dazu ist dreimal am Tag nach Kontrolle des Harn-pH-Wertes die erforderliche Dosis an Blemaren<sup>®</sup>-Brausetabletten in aufgelöster Form nach den Mahlzeiten einzunehmen. Nur so können Sie den optimalen Harn-pH-Wert zwischen 6,2 und 6,8 erreichen.

**M 2** Citronensäure (2-Hydroxy-1,2,3-propantricarbonsäure)



ist eine farblose, kristalline Festsubstanz. Die Salze heißen Citrate.

## 7 Aufgabenstellung

Untersuchen Sie die Wirkung der Inhaltsstoffe von Blemaren<sup>®</sup>. Führen Sie dazu die Experimente 1 bis 3 durch und werten Sie diese aus. Begründen Sie Ihre Beobachtungsergebnisse, gegebenenfalls unter Einbeziehung von Reaktionsgleichungen und entsprechenden Berechnungen.

- 1 Bestimmen Sie den pH-Wert einer Citronensäurelösung ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) und einer Kaliumhydrogencarbonatlösung ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ).
- 2 Stellen Sie ein Gemisch aus Citronensäure (1 Spatelspitze) und Natriumcitrat (Trinatriumcitrat – 1 Spatelspitze) her und lösen Sie

dieses in 10 ml Wasser.

Untersuchen Sie den Einfluss von Salzsäure ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) bzw. Natronlauge ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) auf die Lösung.

- 3 Führen Sie einen Parallelversuch zu 2. durch. Verwenden Sie an Stelle des Citronensäure-Citrat-Gemisches eine Tablette des Medikaments Blemaren<sup>®</sup>, gelöst in 200 ml Wasser.

Leiten Sie aus den Beobachtungsergebnissen aller Experimente Aussagen zur Wirkung der Inhaltsstoffe von Blemaren<sup>®</sup> ab.

### **Zusatzangaben**

Citronensäure kann in Berechnungen näherungsweise als einprotonige Säure angenommen werden.

$\text{pK}_{\text{s},1}(\text{Citronensäure, 1. Protolysestufe}) = 2,94$

### **Anmerkungen**

#### *Hilfsmittel*

Tafelwerk, programmierbarer Taschenrechner

#### *Unterrichtliche Voraussetzungen*

Protolysegleichgewichte  
Pufferlösungen  
Berechnung von pH–Werten  
Indikatoren  
Hydrogensalze

#### **Bereitzustellende Chemikalien und Geräte**

Blemaren<sup>®</sup> N-Brausetabletten (rezeptfrei in Apotheken, pro Arbeitsplatz 1 Tablette)  
Salzsäure ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ )  
Natronlauge ( $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ )  
Citronensäure  
Natriumcitrat (Trinatriumcitrat)  
Kaliumhydrogencarbonat  
Universalindikatorlösung bzw. pH–Meter  
dest. Wasser

Bechergläser (250 ml), Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipetten, Spatel

### Erwartungshorizont

| Aufg. | erwartete Schülerleistung   | Anforderungsbereiche<br>Bewertung |    |     |
|-------|---|-----------------------------------|----|-----|
|       |   | I                                 | II | III |
| 1     | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Selbstständiges Durchführen, Beobachten und Auswerten eines Experiments,<br/>Anwendung mathematischer Verfahren und Hilfsmittel zur Lösung chemischer Aufgaben,<br/>Veranschaulichung konkreter chemischer Sachverhalte unter angemessener Nutzung der Fachsprache<br/>(Reaktionsgleichungen)</i></p> <p><u>Citronensäure</u> – Beobachtung</p> $  \begin{array}{ccc}  \text{H}_2\text{C} - \text{COOH} & & \text{H}_2\text{C} - \text{COO}^- \\    & &   \\  \text{HOC} - \text{COOH} + \text{H}_2\text{O} & \rightleftharpoons & \text{HOC} - \text{COOH} \\    & &   \\  \text{H}_2\text{C} - \text{COOH} & & \text{H}_2\text{C} - \text{COOH}  \end{array}  $ <p>+ H<sub>3</sub>O<sup>+</sup><br/>(Gleichung mit H<sup>+</sup> ist auch als richtig zu werten)</p> <p>Berechnung: pH = 2</p> <p><u>Kaliumhydrogencarbonat</u> – Beobachtung</p> $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^-$ <p>Berechnung: pH = 9,76</p> |                                   |    |     |
| 2     | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Selbstständiges Durchführen, Beobachten und Auswerten eines Experiments,<br/>Strukturieren des erworbenen Wissens auf der Grundlage der facheigenen Basiskonzepte<br/>(Donator-Akzeptor-Konzept)</i></p> <p>Durchführung:</p> <p>Beobachtungen, z.B.<br/>geringfügige Veränderung der Farbe des Indikators nach Zugabe von NaOH bzw. HCl (Tropfenanzahl)</p>   |                                   |    |     |

|   |   |           |           |           |
|---|---|-----------|-----------|-----------|
|   | <p>Wirkung:<br/> Citronensäure/Natriumcitrat wirkt als Puffergemisch<br/> Konstanthaltung des pH-Werts der Lösung bei Zugabe einer Säure bzw. Base<br/> Erhöhung der <math>c(\text{H}_3\text{O}^+)</math>: Abfangen der Hydronium-Ionen durch Bildung der Citronensäure<br/> Erhöhung der <math>c(\text{OH}^-)</math>: Abfangen der Hydroxid-Ionen durch Reaktion mit Hydronium-Ionen, Bildung von Citrat-Ionen</p>   | 10        | 40        | 10        |
| 3 | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Selbstständiges Durchführen, Beobachten und Auswerten eines Experiments,<br/> Erkennen und Beschreiben der Bedeutung der angewandten Chemie (Wirkung des Medikaments)</i></p> <p>Durchführung und Beobachtungen</p> <p>Auswertung:<br/> Citronensäure/Natriumcitrat in Blemaren<sup>®</sup> wirkt als Puffergemisch<br/> Kaliumhydrogencarbonat bewirkt eine Erhöhung des pH-Werts; Brauseeffekt</p> $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ <p>(Gleichung mit <math>\text{H}^+</math> ist auch als richtig zu werten)</p> | 10        | 10        | 5         |
|   | <b>Gesamt</b>   | <b>25</b> | <b>60</b> | <b>15</b> |

## Literatur

Packungsbeilage „Blemaren<sup>®</sup>N-Brausetabletten“, esparma GmbH Osterweddingen

## 2 Aufgabenbeispiele für die mündliche Prüfung

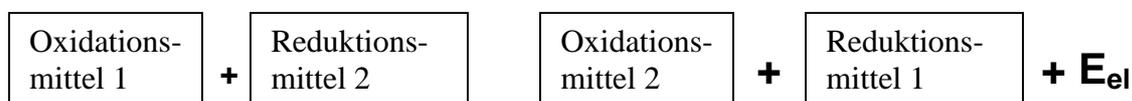
### 2.1 Aufgabenbeispiel für den Leistungskurs

#### 2.1.1 Energieumwandlungen bei chemischen Reaktionen

#### Leistungskurs: Energieumwandlungen bei chemischen Reaktionen

#### Aufgabenstellung

- 1 Elektrochemische Vorgänge können durch folgende allgemeine Gleichung dargestellt werden:



Bestätigen Sie experimentell diese Aussage!

Ihnen stehen dazu folgende Materialien zur Verfügung:

Stromversorgungsgerät, Motor, Glühlampe, Kupfer-, Zink-, Graphit-Elektroden, Schwefelsäurelösung, Salzsäure, Kupfer(II)-sulfat- und Zinksulfatlösung, U-Rohre, Bechergläser, einfach bzw. doppelt durchbohrte Stopfen, Multimeter (Spannungsmessgerät)

- 2 Erläutern Sie Ihre Lösungsstrategie und erklären Sie die ablaufenden Prozesse unter Einbeziehung von Reaktionsgleichungen und Teilgleichungen!

#### Anmerkungen

##### *Unterrichtliche Voraussetzungen*

Atombau und Redoxreaktionen bei Nebengruppenelementen

Untersuchen redoxchemischer Vorgänge als elektrochemische Prozesse

Ausbildung elektrochemischer Potenziale

Vergleich der stofflichen und energetischen Änderung bei elektrochemischen

Elementen und Elektrolysen

Ableiten von Energieumwandlungen, Möglichkeiten der alternativen

Energiegewinnung

Wiederaufladbare elektrochemische Elemente

##### *Bereitzustellende Chemikalien und Geräte*

Geräte

Stromversorgungsgerät, Motor,  
Glühlampe,  
Kupfer-, Zink-, Graphit-Elektroden,

Chemikalien

Schwefelsäurelösung, Salzsäure,  
Kupfer(II)-sulfat- und Zinksulfatlösung,

U-Rohre, Bechergläser, einfach bzw. doppelt durchbohrte Stopfen, Multimeter (Spannungsmessgerät)

### Erwartungshorizont

| Aufg. | erwartete Schülerleistung  | Anforderungsbereiche<br>Bewertung |    |     |
|-------|--|-----------------------------------|----|-----|
|       |  | I                                 | II | III |
| 1     | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Interpretation chemischer Reaktionen auf der Teilchenebene<br/>Hypothesen bilden, Voraussagen formulieren und diese experimentell überprüfen,<br/>Selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten zur Lösung einer Aufgabenstellung<br/>Selbstständiger Transfer des Gelernten auf vergleichbare Sachverhalte</i></p> <p>Auswahl einer Redoxreaktion, bei der elektrische Energie entsteht bzw. einer Reaktion, bei der durch elektrische Energie der Redoxprozess erzwungen wird oder eines elektrochemischen Redoxgleichgewichts<br/>Durchführung der Experimente: z.B.<br/>Elektrolyse von Salzsäure und Messen der Spannung nach Abschalten des elektrischen Stromes (galvanische Zelle),<br/>Aufbau einer galvanischen Zelle und einer Elektrolyse...</p> | 15                                | 35 | 10  |
| 2     | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Interpretation chemische Reaktionen auf der Teilchenebene,<br/>Strukturieren erworbenes Wissen über chemische Reaktionen auf der Grundlage der facheigenen Basiskonzepte (Donator-Akzeptor-Prinzip).</i></p> <p>Erklären der Lösungsstrategie<br/>Erläutern der experimentellen Ergebnisse<br/>Darstellung der Energieumwandlungen<br/>Reaktionsgleichungen für die Elektrodenreaktionen bei der Elektrolyse und in der galvanischen Zelle<br/>Erläuterung des Redoxprozesses und der Leitungsvorgänge</p>  | 10                                | 25 | 5   |
|       | <u>gesamt</u>  | 25                                | 60 | 15  |

### Prüfungsgespräch:

Ausgehend vom freiwilligen Verlauf der chemischen Reaktionen bei elektrochemischen Elementen kann im Prüfungsgespräch zur Thermochemie übergeleitet werden.

(z. B. Reaktionsenergie, Reaktionsenthalpie und freie Reaktionsenthalpie, Abhängigkeit des freiwilligen Verlaufs chemischer Reaktionen  
Diskussion des freiwilligen Verlaufs der Ammoniaksynthese  
Nutzung der GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung)

## 2.2 Aufgabenbeispiele für den Grundkurs

### 2.2.1 Puffersysteme

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| <b>Grundkurs:</b> | <b>Puffersysteme</b> |
|-------------------|----------------------|

#### Material

##### **M1**

In einem Chemielabor werden Elektroden für pH-Meter mit Pufferlösungen kalibriert. Dazu werden von den Herstellerfirmen zum Beispiel Pufferlösungen mit den pH-Werten 4,01; 6,87 und 9,18 empfohlen (M1, M3).

<sup>1)</sup> Ausschnitt aus einer Gebrauchsanleitung für Elektroden zur Messung von pH-Werten und Redoxspannungen

”...  
Kalibrieren:

- Am pH-Meter die Temperatur der Pufferlösung einstellen
- Verschluss von der Nachfüllöffnung der Elektrode abnehmen. Elektrode mit destilliertem Wasser abspülen
- Elektrode in die Pufferlösung mit dem pH-Wert in Neutralpunktnähe (pH 6,87) eintauchen und Einstellknopf Nullpunkt( $\Delta$  pH) zur Anzeige bringen
- Elektrode mit destilliertem Wasser abspülen und in die zweite Pufferlösung z.B. 4,01 (oder 9,18) eintauchen- pH-Wert des Puffers mit dem Einstellknopf Steilheit (mV/pH) zur Anzeige bringen. Das pH-Meter ist damit an die Elektrodenfunktion angepasst....“



Bedeutung von Pufferlösungen in Natur und Technik  
 Titration von schwachen Säuren und sehr starken Basen, Interpretation der  
 Titrationskurven

### **bereitstellende Geräte und Chemikalien**

|                     |   |
|---------------------|---|
| Geräte:             | Chemikalien   |
| Reagenzgläser,      | Essigsäure-Lösung ( $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ )       |
| Reagenzglasständer, | Natriumacetat-Lösung ( $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ),   |
| Halbmikrotropfer,   | Natronlauge ( $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ),          |
| Bechergläser,       | Salzsäure ( $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ),            |
| Messzylinder        | Ammoniak-Lösung ( $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ),        |
|                     | Ammoniumchlorid-Lösung ( $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ), |
|                     | Unitestlösung   |

### **Hilfsmittel**

Taschenrechner, Tafelwerk, PSE

### **Erwartungshorizont**

| Aufg. | erwartete Schülerleistung   | Anforderungsbereiche<br>Bewertung |    |     |
|-------|---|-----------------------------------|----|-----|
|       |   | I                                 | II | III |
| 1     | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Interpretation von Texten und grafischen Darstellungen</i><br/> <i>Nutzung von Informationsquellen, Erkennen von Kernaussagen</i><br/> <i>Strukturieren des Wissens auf der Grundlage der facheigenen Basiskonzepte</i><br/> <i>Anwendung mathematischer Verfahren und Hilfsmittel zur Lösung exemplarischer chemischer Aufgaben.</i><br/> <i>Selbstständiges Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten</i></p> <p>Definition einer Pufferlösung unter Berücksichtigung -<br/>           Konzentration der Puffersäure und Pufferbase im<br/>           Verhältnis 1 : 1<br/>           (bei der Wahl des Acetatpuffers:<br/>           Einbeziehung der Pufferkurven zur Ermittlung des<br/>           Konzentrationsverhältnisses anhand der<br/>           Protolysegleichgewichte der gegebenen<br/>           korrespondierenden Säure-Base-Paare)<br/>           Auswahl der Chemikalien zur Herstellung der<br/>           benötigten Pufferlösungen und Begründung mit Bezug<br/>           zu M1 und M3</p> <p>Herstellen der Pufferlösung mit Angabe der<br/>           verwendeten Volumina<br/>           Überprüfen der Pufferwirkung durch Zusatz von</p> | 15                                | 30 | 10  |

|   |   |    |    |    |
|---|---|----|----|----|
|   | Salzsäure bzw. Natronlauge (je 0,1 M)<br>Beschreiben der Beobachtung als annähernde<br>Konstanz des pH-Wertes<br>Erklären der Pufferwirkung mit Hilfe Gesetzmäßigkeiten<br>zum chemischen Gleichgewicht   |    |    |    |
| 2 | <u>Kompetenzen:</u><br><br><i>Interpretation chemischer Reaktionen auf der Teilchenebene,<br/>Interpretation von Texten, erkennen von Kernaussagen<br/>Strukturierung des erworbenen Wissens über Stoffe und<br/>chemische Reaktionen auf der Grundlage fachbezogener<br/>Basiskonzepte<br/>Selbstständiger Transfer des Gelernten auf vergleichbare<br/>Sachverhalte</i><br><br>z.B.<br>Bildung von Säuren bei der Atmung, bei<br>Stoffwechselprozessen,...<br>Konstanthalten des pH-Wertes im Blut,<br>Wirkung von mindestens zwei im Blut enthaltenen<br>Puffersystemen unter Einbeziehung von<br>Reaktionsgleichungen und dem Material M2 | 10 | 25 | 5  |
|   | gesamt  | 25 | 60 | 15 |

**Prüfungsgespräch:**

Ausgehend von den Puffersystemen im Blut kann im Prüfungsgespräch eine Überleitung zur Thematik Aminosäuren und Eiweiße erfolgen.  
(z.B. zu Strukturformeln von Aminosäuren, Zwitterionenbildung, Säure-/Base Reaktionen der Aminosäuren, Peptidbildung, Polypeptide, Struktur von Eiweißen, Nachweis und Eigenschaften)

***Literatur***

1) Gebrauchsanleitung für Elektroden zur Messung von pH-Werten und Redoxspannungen  
pH-Einstabmeßkette Typ Nr. N 6280, Fa. Schott Glaswerke, Mainz

2) Lehrbuch „Physikalische Chemie - Chemie und Umwelt“ Sekundarstufe II, Verlag Volk und Wissen, 1. Auflage

3) Lehrbuch „Chemische Gleichgewichte – Elektrochemie“, Verlag C.C. Buchner, Auflage<sup>1</sup><sup>54321</sup>

## 2.2.2 Tenside

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| <b>Grundkurs:</b> | <b>Tenside</b> |
|-------------------|----------------|

### Material

#### M 1

Auszug aus einer Originalverpackung eines modernen Geschirrspülmittels<sup>1)</sup>  
Zusammensetzung/Composition

|   |   |
|---|---|
| Inhaltsstoffangabe gemäß EG Empfehlung:<br>Selön recommandation de la CE:     |   |
| < 5%  | Nichtionische Tenside, Phosphate, Polycarboxylate / tensioactifs non ioniques, phosphonates, polycarboxylates |
| 5 – 15%   | Bleichmittel auf Sauerstoffbasis / agents de blanchiment a' base d'oxygene'                                   |
| > 30%   | Phosphate / phosphates  |
| Enthält Enzyme (Amylase, Protease) / Contient des enzymes (amylase, protease) |   |

#### M 2

Auszug aus der Installationsanweisung eines Geschirrspülers<sup>2)</sup>:

##### Wasserzulauf

Das Gerät wird über den bereits vorinstallierten Gummidruckschlauch an einen Wasserhahn der Kaltwasserleitung mit Schlauchverschraubung 3/4“ angeschlossen. Die erforderliche Gummidichtung ist bereits in der Schlauchverschraubung vorhanden.

Der Wasserhahn bzw. ein Absperrventil muß so angeordnet sein, dass der Wasserzulauf nach Programmende abgestellt werden kann. Der Geschirrspüler ist rücksaug sicher (DVGW-geprüft). Anschlussarmaturen mit Rückflußverhinderer sind deshalb nicht erforderlich. Anschluß an eine Warmwasserleitung bis maximal 60°C ist möglich, nicht aber ein Anschluß an offene Niederdruckspeicher oder Durchlauferhitzer.

### Aufgabenstellung

- 1 Tetradecanol und Schwefelsäure reagieren im Verhältnis 1:1 zu einem Ester, der in wässriger Lösung stark sauer reagiert. Das Natriumsalz des Esters  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{13}\text{-O-SO}_3\text{-Na}^+$  kann als waschaktive Substanz zum Beispiel in Spülmitteln verwendet werden.  
Untersuchen Sie drei strukturabhängige Eigenschaften des oben genannten Tensids und begründen Sie seine Eignung als Bestandteil des Spülmittels.
- 2 Moderne hochwirksame Reinigungsmittel, die in Geschirrspülmaschinen verwendet werden, enthalten unter anderem Tenside und verschiedene Enzyme. Die Hersteller empfehlen, die Geschirrspülmaschinen nicht an die Heißwasserversorgung (70°C) anzuschließen, sondern das Wasser beim Spülgang von 15°C auf 55°C zu erwärmen. Erklären Sie die Empfehlung und gehen Sie dabei auf die Reinigung des Geschirrs von Eiweiß-, Fett- und Stärkeresten ein.

## Anmerkungen

### **Unterrichtliche Voraussetzungen**

Struktur und Eigenschaften von Tensiden,  
 Herstellung einer Seife, Waschwirkung von Seifen, Härtebildner im Wasser, Bildung  
 und Eigenschaften von Kalkseifen  
 Untersuchung von Eigenschaften der Seifenlösungen,  
 Waschmittel, Zusammensetzung von Waschmitteln, Funktion der  
 Waschmittelbestandteile, Umweltprobleme bei Überdosierung von Waschmitteln  
 Darstellung und Hydrolyse von Fetten, Kohlenhydraten, Eiweißen,  
 Eiweiße - Enzyme

### **bereitzustellende Geräte und Chemikalien**

|  |   |
|--|---|
| <p>Geräte:<br/>         Lichtquelle, Büroklammer mit<br/>         Plastüberzug, pH-Meter, zwei einfache<br/>         Apparaturen zum Filtrieren, Bechergläser,<br/>         Spatel, Halbmikrotropfer,<br/>         Reagenzglasständer, Reagenzgläser</p> | <p>Chemikalien:<br/>         Spülmittellösung mit stark verdünnter<br/>         Kalilauge versetzt,<br/>         Kalkwasser, Kohlepulver, Öl, dest.<br/>         Wasser</p> |
|--|---|

### **Erwartungshorizont**

| Aufg. | erwartete Schülerleistung   | Anforderungsbereiche<br>Bewertung |    |     |
|-------|---|-----------------------------------|----|-----|
|       |   | I                                 | II | III |
| 1     | <p><u>Kompetenzen:</u></p> <p><i>Erkennen des Zusammenhangs zwischen Struktur, Eigenschaften und Verwendung der Stoffe</i><br/> <i>Beschreibung und Veranschaulichung chemischer Sachverhalte unter angemessener Nutzung der Fachsprache und Verwendung geeigneter Symbole bzw. Formeln</i><br/> <i>Selbstständiges Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten</i></p> <p>Beschreibung des Baus des Tensids und Zuordnung zum Anionentensid<br/>         Hydrophober(Alkyl), hydrophiler Teil (funktionelle Gruppe-Alkylsulfat)<br/>         Ableitung von Eigenschaften<br/>         Löslichkeit in polaren und unpolaren Stoffen<br/>         Herabsetzen der Oberflächenspannung als Tensidwirkung<br/>         Dispersion und Transport von Schmutzteilchen<br/>         schwach alkalische Reaktion mit Wasser<br/>         Bildung von Kalkseifen, die die Schaumbildung mindern,...<br/>         Selbstständige Planung und Durchführung</p> |                                   |    |     |

|   |  |    |    |    |
|---|--|----|----|----|
|   | des Experiments zur Demonstration<br>Auswahl geeigneter Eigenschaften<br>Bezug zum Einsatz als Tensid in Spülmitteln   | 15 | 35 | 10 |
| 2 | <u>Kompetenzen:</u><br><br><i>Nutzung von Informationsquellen, erkennen der Kernaussagen, gezielte und kritische Auswahl von Informationen und deren Verknüpfung mit dem erworbenen Wissen.</i><br><br><i>Betrachtung und Bewertung von Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven</i><br><br><i>Erkennen und Beschreibung der gesellschaftlichen Relevanz und Bedeutung der angewandten Chemie für die Energieeinsparung</i><br><br>Unterschiedliche Löslichkeit von Fetten, Stärke und Eiweißen<br>Denaturierung von Eiweißen bei höheren Temperaturen und Veränderung der Löslichkeit der Denaturierungsprodukte<br>Hemmung der Enzymwirkung<br>Bezug zu den verschiedenen Waschttemperaturen und der eintretenden enzymatischen Hydrolyse von Eiweißen und Stärke in lösliche Monomere beim langsamen Aufheizen | 10 | 25 | 5  |
|   | gesamt   | 25 | 60 | 15 |

## Literatur

### M 1

<sup>1)</sup> Teil der Verpackungsaufschrift (Boden) von „Calgonit Power Ball“

### M 2

Auszug aus:

<sup>2)</sup> Privileg Geschirrspüler Modell 205SI Gebrauchsanweisung

### Prüfungsgespräch:

Ausgehend vom Bau des Alkyls im Tensid kann im Prüfungsgespräch zur chemischen Bindung übergeleitet werden.

(z.B. Beschreibung der chemischen Bindungen im Alkyl

Weitere Molekülmodelle, Geometrie, partieller Gebrauch des Molekülorbitalmodells

Erörtern der Ausbildung von sigma- , pi-Bindungen, Anwenden der

Valencebondmethode)