



# SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2007

### CHEMIE (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten

Bearbeitungszeit: 300 Minuten

Der Prüfling wählt je ein Thema aus den Gebieten **G** (Grundlagen) und **V** (Vertiefung) zur Bearbeitung aus.

Die zwei zur Bewertung vorgesehenen Themen sind vom Prüfling anzukreuzen.

<b>Thema G 1:</b>	Schwefelwasserstoff	
<b>Thema G 2:</b>	Struktur und Reaktivität organischer Verbindungen	
<b>Thema V 1:</b>	Metalle und Metallverbindungen	
<b>Thema V 2:</b>	Geochemie und Umwelt	
<b>Thema V 3:</b>	Thermodynamische und energetische Aspekte chemischer Reaktionen	

Unterschrift des Prüflings:.....

**Thema G 1: Schwefelwasserstoff**

- 1 Schwefelwasserstoff ist die technisch wichtigste Wasserstoffverbindung des Schwefels. Bereits 1777 wurde Schwefelwasserstoff durch SCHEELE bei der Umsetzung von Metallsulfiden mit Säuren dargestellt. BERTHOLLET beschrieb 1796 Schwefelwasserstoff als sauerstofffreie, in Wasser lösliche Säure.

Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung zur Darstellung von Schwefelwasserstoff unter Laborbedingungen.

Belegen Sie die Aussage zur Wasserlöslichkeit unter Anwendung von Struktur-Eigenschafts-Betrachtungen.

- 2 In einem Labor werden folgende Experimente durchgeführt:

- Einleiten von Schwefelwasserstoff in Wasser und Prüfen mit dem pH-Meter
- Versetzen eines Teils der wässrigen Lösung mit Blei(II)-acetat-Lösung
- Versetzen eines weiteren Teils der wässrigen Lösung mit Bromwasser
- Versetzen des restlichen Teils der wässrigen Lösung mit schwefelsaurer Kaliumpermanganat-Lösung bis zu deren Entfärbung und der Bildung eines gelblichen Schwefelniederschlags

Geben Sie für die Experimente a) bis c) zu erwartende Beobachtungen an.

Werten Sie diese auch mithilfe der chemischen Zeichensprache aus und ordnen Sie die Reaktionen jeweils einer Reaktionsart zu.

Erläutern Sie das Wesen der Reaktionsart zum Experiment a).

Entwickeln Sie für das Experiment d) eine Gesamtgleichung aus den Gleichungen für die Teilvorgänge und geben Sie die korrespondierenden Redoxpaare an.

- 3 In der Technik wird Schwefelwasserstoff aus Erdgas, Erdöl, Synthesegas, Koksofengas und anderen Gasen durch chemische oder physikalische Absorption gewonnen und nach dem CLAUS-Verfahren unmittelbar weiter zu Schwefel höchsten Reinheitsgrades verarbeitet. Dabei erfolgt in einem ersten Schritt die Verbrennung des gewonnenen Schwefelwasserstoffs zu Schwefeldioxid, welches in einer weiterführenden Reaktion mit dem restlichen Schwefelwasserstoff umgesetzt wird. Der so gewonnene Reinstschwefel ist Ausgangsstoff für die Erzeugung von Schwefelsäure, einer wichtigen Grundchemikalie. Dazu wird der Reinstschwefel zunächst zu Schwefeldioxid verbrannt. Dieses wird im Doppelkontaktverfahren exotherm bei einer Temperatur von  $\vartheta = 450 \text{ °C}$  katalytisch zu Schwefeltrioxid umgesetzt.
- 3.1 Entwickeln Sie aus den beiden Reaktionsschritten des CLAUS-Verfahrens eine Bruttogleichung und berechnen Sie die molare Standardreaktionsenthalpie für die Gesamtreaktion unter der Annahme, dass Wasser gasförmig vorliegt. Formulieren Sie für die katalytisch ablaufende Reaktion das Massenwirkungsgesetz. Begründen Sie, weshalb die gewählte Arbeitstemperatur nicht über-, aber auch nicht unterschritten werden sollte.
- 3.2 Berechnen Sie die benötigte Masse an Reinstschwefel, um einen Kubikmeter Schwefeltrioxid unter den gegebenen Bedingungen ( $V_m = 59,3 \text{ L/mol}$ ) herzustellen.

- 4 Schwefelwasserstoff hat eine besondere Bedeutung in der qualitativen Analytik. Diese Analysen beruhen auf der pH-abhängigen Löslichkeit von Metallsulfiden. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Lösung von Metallsalzen können Metallsulfide gruppenweise durch Veränderung des pH-Wertes gefällt werden. Für die vollständige Protolyse von Schwefelwasserstoff wird  $K_S = 1,2 \cdot 10^{-20} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$  angegeben.
- 4.1 Entwickeln Sie aus den Gleichungen der Protolysestufen die Gleichung für die vollständige Protolyse des Schwefelwasserstoffs und formulieren Sie dafür das Massenwirkungsgesetz.
- Die Konzentration einer Schwefelwasserstoff-Lösung beträgt  $c(\text{H}_2\text{S}) = 0,001 \text{ mol/L}$ , ihr pH-Wert wird mit  $\text{pH} = 5$  angegeben.
- Berechnen Sie die Konzentration an Sulfid-Ionen in dieser Lösung.
- 4.2 Je geringer der pH-Wert einer Lösung ist, die Blei(II)-Ionen enthält, desto geringer ist die Masse an Blei(II)-sulfid, die durch Einleiten von Schwefelwasserstoff ausgefällt werden kann.
- Begründen Sie diese Aussage.
- Eine Probelösung enthält Spuren von Quecksilber(II)-Ionen und von Eisen(II)-Ionen der jeweiligen Konzentration  $c = 10^{-6} \text{ mol/L}$ .
- Entscheiden Sie begründet, ob eine Schwefelwasserstoffkonzentration von  $c = 0,001 \text{ mol/L}$  mit einem pH-Wert von  $\text{pH} = 5$  ausreichend ist, um die entsprechenden Metallsulfide auszufällen.

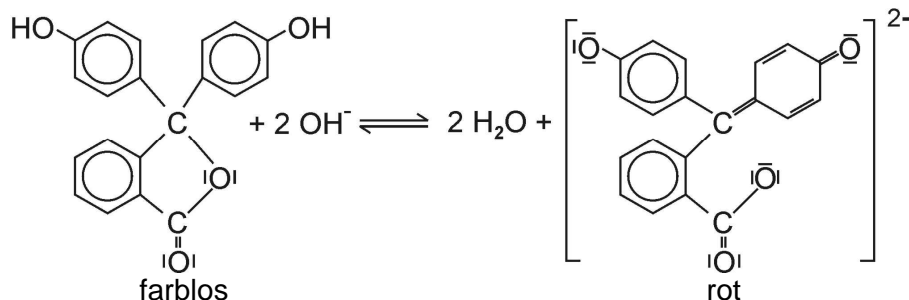
**Anhang:**

$$E^0(\text{H}_2\text{S}/\text{S}) = +0,14 \text{ V}$$

## Thema G 2: Struktur und Reaktivität organischer Verbindungen

### 1 Indikatoren

Phenolphthalein ist ein Triphenylmethanfarbstoff. Er wird als Indikator im pH-Bereich von 8,2 bis 10 eingesetzt.



**Abb. G 2.1:** Struktur des Phenolphthaleins in Abhängigkeit vom pH-Wert

1.1 Diskutieren Sie die Eignung von Phenolphthalein als Säure-Base-Indikator unter dem Gesichtspunkt der Beeinflussbarkeit eines chemischen Gleichgewichtes.

Formulieren Sie eine vereinfachte Gleichung für die erste Protolysestufe von Phenolphthalein ( $\text{H}_2\text{Ind}$ ). Erläutern Sie anhand der ersten Protolysestufe des Phenolphthaleins Grundaussagen zur Säure-Base-Theorie von BRÖNSTED.

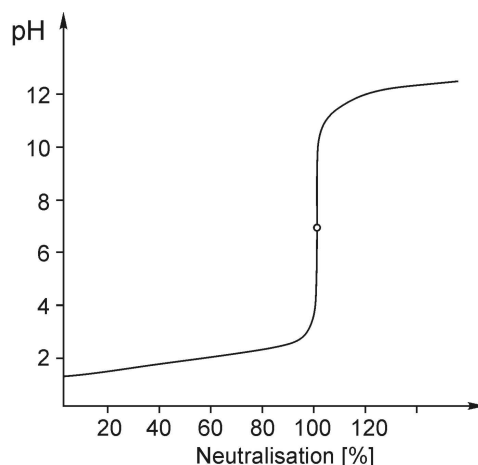
1.2 Bei der Titration gleichkonzentrierter Lösungen ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) von Ethansäure mit Natriumhydroxid ergaben sich folgende pH-Werte:

Neutralisierter Anteil in %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99	100	1	10	Überschuss an Lauge in %
pH-Wert		3,8	4,15	4,4	4,6		4,9	5,1	5,35	5,7	6,75		11	12,5	pH-Wert

Ermitteln Sie die fehlenden pH-Werte ohne Berücksichtigung der Volumenzunahme. Zeichnen Sie aus diesen Werten die Titrationskurve der Ethansäure.

Vergleichen Sie die so entstandene Kurve mit der Abbildung G 2.2 „Titration von Chlorwasserstoffsäure ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) mit Natriumhydroxid-Lösung gleicher Konzentration“.

Begründen Sie zwei der Unterschiede im Verlauf beider Kurven und wählen Sie für beide Titrations je einen geeigneten Indikator aus.



**Abb. G 2.2:** Titration von Chlorwasserstoffsäure ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) mit Natriumhydroxid-Lösung gleicher Konzentration

## 2 Nachweisreaktionen

**Experiment**

Sie erhalten in vier Bechergläsern die Lösungen von Methansäure und Ethansäure sowie Propan-1-ol und Propanal.

Erstellen Sie einen Plan zur Identifizierung dieser organischen Verbindungen, wobei fuchsin-schweflige Säure (SCHIFFs-Reagenz) nicht zur Verfügung steht.

Fordern Sie die benötigten Chemikalien an und führen Sie die Nachweisreaktionen aus.

Werten Sie zur Identifizierung alle Beobachtungen aus und ordnen Sie die Stoffe zu.

## 3 Propansäure

Aus Propansäure soll in einem Experiment ein Ethylester hergestellt werden.

Entwickeln Sie für diese Reaktion die Gleichung in Strukturformelschreibweise. Begründen Sie die Notwendigkeit, bei diesem Versuch konzentrierte Schwefelsäure einzusetzen.

Berechnen Sie die Stoffmenge und das Volumen an Propansäure, das zu 3 mol Alkanol gegeben werden muss, damit im Gleichgewicht 2,5 mol Ester vorliegen. Die Gleichgewichtskonstante  $K$  nimmt den Wert 4,2 an.

**Anhang:**

Dichte von Propansäure:  $\rho = 0,998 \text{ g/cm}^3$

**Thema V 1: Metalle und Metallverbindungen**

- 1 Bei der Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid  $c(\text{CuCl}_2) = 1 \text{ mol/L}$  an Grafitelektroden ist in wässriger Lösung die Wasserzerlegung als Konkurrenzreaktion denkbar.  
Formulieren Sie die chemischen Gleichungen möglicher Elektrodenreaktionen für beide Fälle.  
Die Elektrolyse zur Wasserzersetzung benötigt eine Spannung  $U = 1,23 \text{ V}$ .  
Geben Sie begründet an, welche der beiden Elektrolysen abläuft.  
Wird nach einer gewissen Zeit die Spannungsquelle der Elektrolyse entfernt, kann trotzdem eine Spannung zwischen den Elektroden gemessen werden.  
Begründen Sie das Auftreten dieser Spannung.
- 2 Die Elektrolyse aus Aufgabe 1 wird mit Kupferelektroden wiederholt. Nach dem Abschalten der Spannungsquelle kann in diesem Fall keine Spannung gemessen werden.  
Begründen Sie diese Beobachtung.
- 3 Bei einem Praktikum wurden mithilfe verschiedener Experimente folgende Informationen über zwei Metalle A und B und deren korrespondierende Kationen  $\text{A}^{m+}$  und  $\text{B}^{n+}$  gesammelt:  
Das Metall A wird aufgelöst, wenn es in eine Lösung taucht, die Chrom(III)-Ionen enthält, während mit einer Lösung, die Aluminium(III)-Ionen enthält, keine Reaktion erfolgt.  
Entscheiden Sie begründet, um welches Metall es sich bei A handeln könnte.  
Zwischen den Halbelementen  $\text{B}/\text{B}^{n+}$  und  $2 \text{I}^-/\text{I}_2$  wurde eine Spannung  $U = 1,28 \text{ V}$  gemessen, zwischen  $\text{B}/\text{B}^{n+}$  und  $\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}$  eine Spannung  $U = 0,61 \text{ V}$ .  
Entscheiden Sie begründet, um welches Metall es sich bei B handelt.

**Anhang:**

$$E^0(2 \text{I}^-/\text{I}_2) = +0,54 \text{ V}$$

**Thema V 2: Geochemie und Umwelt**

- 1 Die Carbonatgesteine machen etwa 11 % der Sedimente der Erdkruste aus. Der Carbonatgehalt von Grundwässern wird dabei z. B. durch das Wechselspiel der Auflösung und der Abscheidung von Calciumcarbonat gesteuert. Diese Prozesse finden an der Grenzschicht zwischen der Lösung und dem Feststoff statt.  
Die Menge des aufgelösten Carbonats wird maßgeblich von biogenem Kohlenstoffdioxid, das im Bodenhorizont produziert und von infiltriertem Regenwasser aufgenommen wird, gesteuert. Die hierdurch entstandene saure Lösung reagiert im Untergrund mit den anstehenden Carbonatgesteinen.  
Die Carbonatauflösung durch biogene Kohlensäure kann durch eine Auflösung infolge der Einwirkung von sauren Bestandteilen der Luft, wie Schwefeloxiden, überlagert werden.

Geben Sie zu den beschriebenen Sachverhalten vier Reaktionsgleichungen an.

- 2 Während in Kalksteingebieten durch die Luftverschmutzung die Carbonatauflösung zunimmt, kann es in carbonatarmen Regionen zu einer Verringerung der natürlichen Pufferkapazität kommen.

Geben Sie den maßgeblichen Puffer an und erläutern Sie mögliche Folgen für die Gewässerqualität in beiden Fällen.

- 3 Durch die Auflösung des Betonbestandteils Portlandit ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) werden dem Wasser Calcium- und Hydroxid-Ionen zugeführt. Im anthropogenen Bereich mit erhöhter Kohlenstoffdioxid-Emission findet eine Carbonatabscheidung in den Fällen statt, in denen die pH-Werte der Wässer durch Kontamination mit Hydroxiden deutlich erhöht werden. Es wurde beobachtet, dass z. B. bei Entwässerungsanlagen der Kontakt mit carbonathaltigen Wässern zur verstärkten Ablagerung von Calcit ( $\text{CaCO}_3$ ) bis hin zum vollständigen Zusetzen der Rohre führte.

Erklären Sie unter Einbeziehung des Prinzips von LE CHATELIER die Zusammenhänge.

Berechnen Sie mithilfe des Löslichkeitsproduktes von Portlandit den pH-Wert einer gesättigten Portlandit-Lösung.

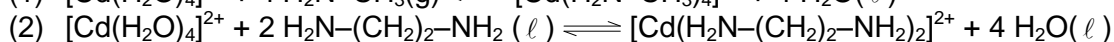
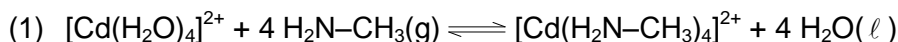
**Anhang:**

Löslichkeit von Salzen: 
$$\ell_0(\text{M}_a\text{L}_b) = \sqrt[a+b]{\frac{K_L(\text{M}_a\text{L}_b)}{a^a \cdot b^b}}$$

Löslichkeitsprodukt: 
$$K_L(\text{Portlandit}) = 1,26 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$$

### Thema V 3: Thermodynamische und energetische Aspekte chemischer Reaktionen

- 1 Wird eine wässrige Lösung, die Cadmium(II)-Ionen enthält, im Überschuss mit Methylamin bzw. Ethylendiamin (1,2-Diaminoethan) versetzt, so entstehen komplexe Ionen.

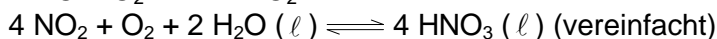
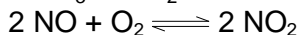
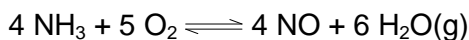


**Hinweis:** Die Koordinationszahl des Cadmium(II)-Ions ist in allen gegebenen Komplexen 4.

- 1.1 Geben Sie für die Moleküle der Liganden Strukturformeln mit allen bindenden und nichtbindenden Elektronenpaaren an und kennzeichnen Sie die Haftatome.
- 1.2 Die Reaktionen (1) und (2) verlaufen exotherm mit nahezu identischer molarer Standardreaktionsenthalpie. Die molare Standardreaktionsentropie ist bei einer der Reaktionen negativ, im anderen Fall positiv.

Ordnen Sie den Reaktionen (1) und (2) die entsprechenden freien molaren Standardreaktionsenthalpien  $\Delta_{\text{R}}G_{\text{m}}^0 = -60,7 \text{ kJ/mol}$  und  $\Delta_{\text{R}}G_{\text{m}}^0 = -37,2 \text{ kJ/mol}$  begründet zu.

- 2 Ammoniak ist eine der wichtigsten Grundchemikalien. Weltweit werden ca. 80 % des hergestellten Ammoniaks zu Düngemitteln verarbeitet. Ein Teil des Ammoniaks wird katalytisch zu Stickstoffmonoxid oxidiert, aus dem über Stickstoffdioxid Salpetersäure hergestellt wird.



- 2.1 In einem Düngemittelwerk werden stündlich 30 Tonnen Ammoniak umgesetzt. Daraus entstehen 185 Tonnen Salpetersäure-Lösung mit einem Masseanteil von 58 %.

Berechnen Sie die Ausbeute der Salpetersäureherstellung bezogen auf Ammoniak als Verhältnis der entsprechenden Stoffmengen und geben Sie diese Ausbeute in Prozent an.

Ermitteln Sie die stündlich abzuführende Wärmemenge im Prozess der Herstellung von Salpetersäure aus Ammoniak. Gehen Sie für diese Berechnung vereinfachend vom vollständigen Umsatz des Ammoniaks unter Standardbedingungen aus.

- 2.2 Die Reaktion von Ammoniak mit Sauerstoff erfolgt nach dem OSTWALD-Verfahren bei hohen Temperaturen am Platin/Rhodium-Katalysator. Durch die selektive Wirkung des Katalysators wird die Bildung von Stickstoffmonoxid und Wasserdampf begünstigt und damit zur Hauptreaktion neben konkurrierenden Reaktionen.

Entwickeln Sie für eine mögliche Konkurrenzreaktion (Parallelreaktion), die ausgehend von Ammoniak und Sauerstoff auch zum Produkt Wasserdampf führt, eine chemische Gleichung.