



# SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2005

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>	Iodiertes Speisesalz	<input type="checkbox"/>
<b>Thema G 2:</b>	Kupfer	<input type="checkbox"/>
<b>Thema V 1:</b>	Analyseverfahren	<input type="checkbox"/>
<b>Thema V 2:</b>	Komplexe	<input type="checkbox"/>
<b>Thema V 3:</b>	Stickoxide und Salpetersäure	<input type="checkbox"/>

Unterschrift des Prüflings:.....

## Thema G 1: Iodiertes Speisesalz

Iod ist unentbehrlich für die normale Schilddrüsenfunktion. Ohne Iod können die Schilddrüsenhormone, die wiederum an zahlreichen lebenswichtigen Vorgängen im Stoffwechsel und bei der Kreislaufregulation beteiligt sind, nicht gebildet werden. Aber auch die Fruchtbarkeit von Frau und Mann, die Entwicklung des Kindes im Mutterleib und das seelische Befinden werden durch die Schilddrüsentätigkeit beeinflusst. Triiodthyronin und Thyroxin sind Beispiele für Schilddrüsenhormone.

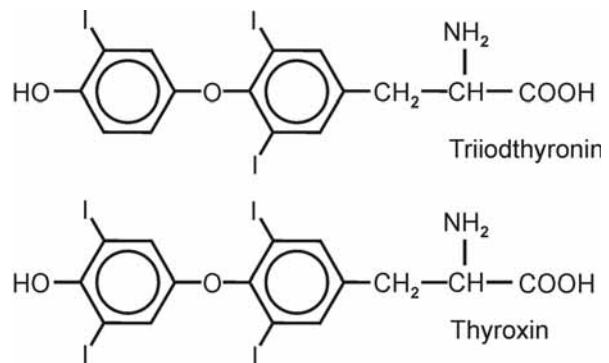


Abb. G 1.1: Schilddrüsenhormone

Pro Jahr werden in Deutschland 100000 Schilddrüsen operativ verkleinert oder entfernt. Die Behandlungskosten betragen eine Milliarde Euro. Trotz der weiten Verbreitung von Iodsalz nehmen die Deutschen nur 83 Mikrogramm Iod pro Tag auf. Optimal sind 100 bis 200 Mikrogramm. Die Iodaufnahme kann durch den Genuss von Kaltwasserfisch, Milchprodukten und Iodsalz erhöht werden.

Speisesalz enthält überwiegend Natriumchlorid. Zur Verbesserung der Lager- und Rieselfähigkeit werden insgesamt bis zu 2 Prozent Zuschlagstoffe (z. B. Calcium- und Magnesiumcarbonat, Calciumsulfat) zugesetzt. Entgegen der landläufigen Meinung liegt Iod im Speisesalz nicht in Form von Iodid-, sondern in Form von Iodat-Ionen ( $\text{IO}_3^-$ ) vor.

Dafür gibt es folgende Erklärung:

Der Magen des Menschen enthält Salzsäure (Chlorwasserstoffsäure) der Konzentration  $c \approx 0,1 \text{ mol/L}$ . Würde Kaliumiodid im Speisesalz verwendet werden, so würde es mit der Salzsäure zu farblosem und gasförmigem Iodwasserstoff reagieren. Dieser ist jedoch nicht stabil und zerfällt in einer folgenden Gleichgewichtsreaktion zu Wasserstoff und Iod. Das entstehende Iod kann die Magenwand schädigen oder mit anderen Stoffen reagieren und sich so der Resorption im Darm entziehen.

Iodat-Ionen reagieren nicht in dieser Weise mit Säuren und sind nicht giftig. Sie werden im Darm zu Iodid-Ionen reduziert, resorbiert und über das Blut zur Schilddrüse transportiert.

- Übernehmen Sie eine der gegebenen Strukturformeln. Kennzeichnen und benennen Sie vier typische Strukturmerkmale, die sich in der Strukturformel widerspiegeln.

Erläutern Sie das Reaktionsverhalten dieser Hormone nach der Säure-Base-Theorie von BRÖNSTED. Beachten Sie dabei auch intramolekulare Reaktionsmöglichkeiten.

- Erläutern Sie den Bau von Natriumchlorid und leiten Sie daraus drei Eigenschaften dieses Stoffes ab.

### 3 Experiment

Lösen Sie in einem Volumen  $V = 10 \text{ mL}$  Wasser die Masse  $m = 2 \text{ g}$  iodiertes Speisesalz so weit wie möglich auf. Prüfen Sie den pH-Wert der Lösung. Säuern Sie mit 10 Tropfen verdünnter Schwefelsäure an und versetzen Sie die Lösung mit verdünnter Kaliumiodid-Lösung. Führen Sie den Nachweis eines Reaktionsproduktes durch.

Werten Sie die Beobachtungen unter Einbeziehung der chemischen Zeichensprache aus. Ordnen Sie eine der Reaktionen einer Reaktionsart zu.

Bei der Versuchsdurchführung wird mit verdünnter Säure angesäuert.

Begründen Sie das Ansäuern auch unter Berücksichtigung der Tatsache, dass im Speisesalz auch Zuschlagstoffe enthalten sind.

Berechnen Sie die Konzentration an Oxonium-Ionen (Hydronium-Ionen) und Hydroxid-Ionen, wenn für eine Speisesalzlösung ein pH-Wert von 7,4 ermittelt worden ist.

- 4 Formulieren Sie jeweils die Reaktionsgleichung für:
- die Reaktion von festem Kaliumiodid mit Salzsäure und
  - den sich anschließenden Zerfall des Iodwasserstoffs.

Erläutern Sie am Beispiel der Folgereaktion b) das Wesen dieser Reaktionsart.

- 5 Nennen Sie Voraussetzungen und Merkmale des chemischen Gleichgewichts. Erläutern Sie Möglichkeiten der Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts am Beispiel des Zerfalls von Iodwasserstoff für den Fall, dass  $\Delta_r H_m = 10 \text{ kJ/mol}$  ist (Iod ist hierbei gasförmig).

Für den Zerfall von Iodwasserstoff wurden experimentell bei einer Temperatur  $T = 700 \text{ K}$  die folgenden Gleichgewichtskonzentrationen ermittelt:

$$c(\text{HI}) = 17,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$c(\text{I}_2) = 3,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$c(\text{H}_2) = 1,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

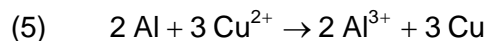
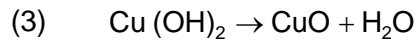
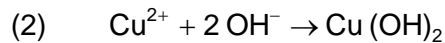
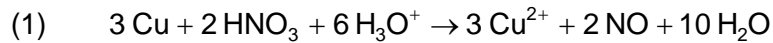
Berechnen Sie aus diesen Angaben die Gleichgewichtskonstante.

## Thema G 2 : Kupfer

### 1 Eigenschaften

1.1 Leiten Sie aus dem Bau des Kupfers drei Eigenschaften dieses Metalls ab und geben Sie schlussfolgernd zwei Verwendungsmöglichkeiten an.

1.2 Die gegebene Folge von Reaktionen ist als Kupfer-Zyklus bekannt:



Ordnen Sie begründet die Reaktionen (1), (2) und (4) den entsprechenden Reaktionsarten zu (Mehrfachzuordnungen sind möglich). Begründen Sie quantitativ, dass bei Reaktion (1) eine Wasserstoffentwicklung ausgeschlossen ist.

### 2 Gewinnung

Kupfer kommt z. T. gediegen vor. Wichtige Kupfererze sind Kupferkies ( $\text{CuFeS}_2$ ), Kupferglanz ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) und Rotkupfererz ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), die bis zu 2 % Kupfer enthalten. Bei der Verarbeitung der Erze folgt auf eine Anreicherung des Kupferanteils die Verhüttung, deren Produkt Kupferstein 30-60 % Kupfer enthält. Nach der Abtrennung von enthaltenem Eisen reagiert Kupfer(I)-sulfid mit Sauerstoff zu Kupfer(I)-oxid, das mit weiterem Kupfer(I)-sulfid Rohkupfer mit einem Kupfergehalt von 95-98 % bildet. Zur Gewinnung von Reinstkupfer erfolgen anschließend Raffinationsverfahren.

Entwickeln Sie chemische Gleichungen für die beiden beschriebenen Reaktionen des Kupfer(I)-sulfids. Berechnen Sie die molaren Standardreaktionsenthalpien. Begründen Sie die Notwendigkeit, das anfallende Nebenprodukt im stofflichen Kreislauf zu führen und geben Sie eine mögliche Verwendung dieses Stoffes an.

Beschreiben Sie unter Einbeziehung einer beschrifteten Skizze die elektrolytische Raffination von Rohkupfer, das außer Kupfer noch Nickel, Gold, Eisen und Silber enthält. Geben Sie chemische Gleichungen für die entsprechenden Elektrodenreaktionen an. Berechnen Sie die Elektrolysedauer für die Abscheidung einer Masse  $m = 8 \text{ t}$  Kupfer in einer Elektrolysezelle, wenn mit einer Stromstärke  $I = 10\,000 \text{ A}$  elektrolysiert wird.

### 3 Phänomene

3.1 Eine Schülergruppe löste eine Stoffportion wasserfreies Kupfer(II)-sulfat in Wasser und notierte folgende Beobachtungen beim Lösen bzw. bei anschließenden Experimenten mit der entstandenen Stammlösung.

- Die Temperatur der entstehenden blauen Lösung ist höher als die des Wassers, der pH-Wert der Lösung ist kleiner als der des Wassers.
- Bei Zugabe von Ammoniak-Lösung fallen hellblaue Flocken aus, die sich unter Bildung einer tiefblauen Lösung auflösen.
- Bei Zusatz einiger Tropfen Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung zur Stammlösung entsteht ein brauner Niederschlag.
- Bei Zusatz einer großen Stoffportion Natriumchlorid zur Stammlösung färbt sich die Lösung grün und bei anschließender Zugabe von Wasser wieder blau.

Werten Sie die Beobachtungen aus. Wenden Sie auf die Zerstörung des Tetrachlorocuprat(II)-Komplexes (grüne Lösung) das Massenwirkungsgesetz an.

- 3.2 Mit einer Büroklammer aus Kupfer, einem Zinkblech, Filterpapier und Salzwasser kann unter Verwendung von elektrischen Leitern und Krokodilklemmen ein kleiner Verbraucher betrieben werden.

Erklären Sie diese Möglichkeit der Erzeugung einer elektrischen Spannung und schätzen Sie deren Höhe ab.

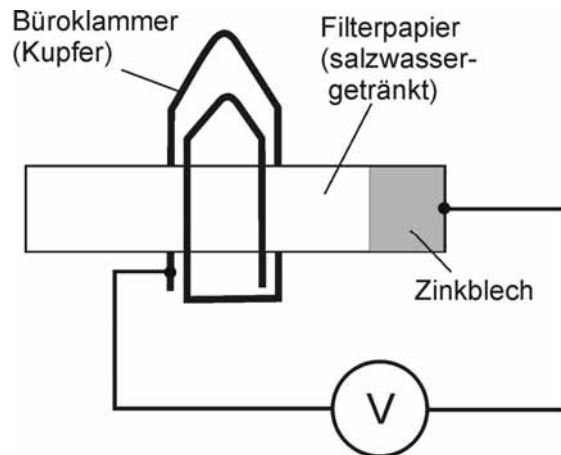


Abb. G 2.1: Büroklammer

- 3.3 Ein Chemiker und Hausbesitzer sprach mit einem Spengler (Dachklempner) über die Befestigung der Kupferdachrinne. Als der Spengler sagte: „Nehmen Sie ja keine Eisennägel, denn Eisen frisst Kupfer auf.“, wollte der Chemiker widersprechen. Der Spengler jedoch ergänzte: „Nach ein bis zwei Jahren fallen die Eisennägel durchs Kupferblech.“, und der Chemiker akzeptierte die Aussage.

Begründen Sie, dass unter atmosphärischen Bedingungen das Kupfer zum „Fraß für Eisen“ werden kann.

## ANHANG

Löslichkeitsprodukt:

$$K_L[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2,0 \cdot 10^{-20} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$$

Molare Standardbildungsenthalpien:

$$\Delta_B H_m^0 [\text{Cu}_2\text{O}] = -171 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_B H_m^0 [\text{Cu}_2\text{S}] = -81 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## Thema V 1: Analyseverfahren

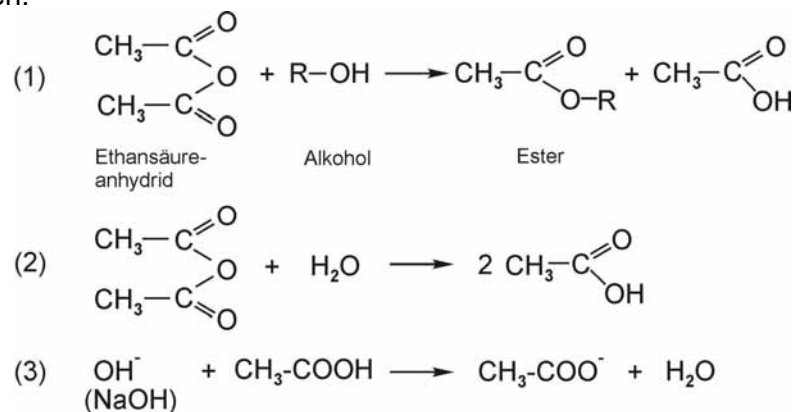
### 1 Identifizierung von vier unbekanntem Stoffen

Vier farblose Substanzen A, B, C und D mit der Summenformel  $C_4H_{10}O$  reagieren alle mit elementarem Natrium unter Wasserstoffentwicklung. Alle vier Substanzen werden mit schwefelsaurer Kaliumdichromat-Lösung versetzt. Bei den Stoffen A, B und D erfolgt ein Farbwechsel von orange nach grün durch gebildete Chrom(III)-Ionen. Beim Stoff C tritt keine Veränderung auf. Das jeweilige Oxidationsprodukt der Stoffe A, B und D wird abdestilliert und mit ammoniakalischer Silbernitrat-Lösung (TOLLENS-Reagenz) versetzt. Ein Silberspiegel bildet sich beim Oxidationsprodukt der Stoffe A und B. Keine Veränderung ist beim Oxidationsprodukt von D zu beobachten. Die Siedetemperatur des Stoffes A ist höher als die Siedetemperatur des Stoffes B.

Ermitteln Sie begründet anhand dieser Angaben die vier Stoffe und benennen Sie diese. Formulieren Sie für die Substanz A die Reaktionsgleichungen für die Reaktion mit angesäuerter Dichromat-Lösung und für die Folgereaktion des Oxidationsproduktes.

### 2 Bestimmung von Alkoholen

Bei der Analyse organischer Proben taucht häufig die Fragestellung auf, quantitativ die Menge an Teilchen mit einer bestimmten charakteristischen funktionellen Gruppe zu bestimmen. Einige nützliche Methoden zur Bestimmung organischer funktioneller Gruppen beruhen auf quantitativen chemischen Reaktionen, bei denen z. B. ein saures Produkt gebildet wird. Wenn die Reaktion vollständig abgelaufen ist, wird die Säure durch Säure-Base-Titration bestimmt. Die Bestimmung von Alkoholen erfolgt beispielsweise nach der Essigsäureanhydrid-Methode. Diese Methode verläuft nach folgenden Reaktionen:



Eine genau bekannte Masse Essigsäureanhydrid (in Pyridin oder Ethylacetat gelöst) wird der alkoholhaltigen Probe zugeführt. Nach einigen Minuten ist die Reaktion (1) vollständig abgelaufen. Es wird Wasser zugegeben, um das verbleibende Anhydrid in Essigsäure – entsprechend (2) umzuwandeln. Dann wird die Summe der bei beiden Reaktionen (1) und (2) gebildeten Essigsäure mit der Maßlösung Natriumhydroxid-Lösung entsprechend (3) titriert.

Als Blindprobe wird die gleiche genau bekannte Masse Essigsäureanhydrid mit Wasser entsprechend (2) umgesetzt und die Essigsäure mit der Maßlösung Natriumhydroxid-Lösung titriert.

Die Differenz zwischen den Ergebnissen der Titrations von Blindprobe und Analysenprobe erlaubt die Berechnung der umgesetzten Stoffmenge Alkohol. Dabei entspricht die Stoffmenge Alkohol in der ursprünglichen Probe der Stoffmengenänderung der Essigsäure bzw. der der Natriumhydroxid-Lösung.

- a) Übertragen Sie die Reaktion (1) auf die Reaktion von Ethansäureanhydrid mit Propan-2-ol.
- b) Entwickeln Sie aus dem Text eine Beschreibung des chronologischen Arbeitsablaufs unter Einbeziehung einer skizzierten Experimentanordnung.
- c) Die molare Masse eines neu synthetisierten Alkohols ist zu bestimmen. Nach der Essigsäureanhydrid-Methode werden zur Bestimmung einer Alkoholprobe mit der Masse  $m = 53,3 \text{ mg}$  bei der Titration mit der Natriumhydroxid-Maßlösung ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) ein Volumen  $V = 8,5 \text{ mL}$  verbraucht. Für die entsprechende Ethansäureanhydrid-Blindprobe wurden  $V = 12,6 \text{ mL}$  der gleichen Maßlösung verbraucht. Eine weitere Untersuchung ergab, dass der Alkohol nur eine alkoholische OH-Gruppe enthält.

Berechnen Sie die molare Masse des Alkohols.

## Thema V 2: Komplexe

- 1 Komplexe Verbindungen werden u. a. in der Medizin verwendet. So werden sie als Mittel gegen Bleivergiftungen und als sehr wirksame Krebsmittel eingesetzt. Andere komplexe Verbindungen spielen als Enzyme eine wichtige Rolle.

Vergleichen Sie die chemischen Bindungen im Tetrachlormethanmolekül und im Tetraamminkupfer(II)-Ion.

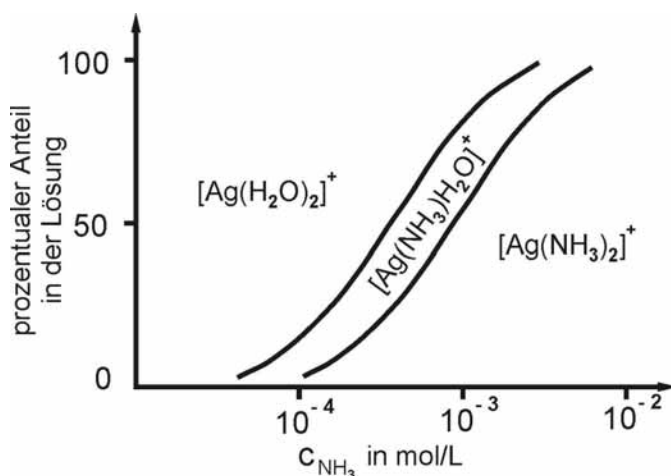
- 2 Das Redoxpotenzial einer Redoxelektrode lässt sich mithilfe folgender Gleichung berechnen:  $E = E^0 + \frac{0,059}{z} \text{ V} \cdot \lg \frac{c(\text{OM})}{c(\text{RM})}$

Diskutieren Sie die Möglichkeit der Veränderung des Redoxpotenzials durch Kombination mit Komplexbildungsreaktionen. Erläutern Sie die Änderung des Redoxpotenzials einer  $\text{Al}/\text{Al}^{3+}$ -Elektrode bei Zugabe von Fluorid-Ionen. Die Konzentration des festen Aluminiums wird auf 1 mol/L festgesetzt.

- 3 Viele schwer lösliche Verbindungen können durch Bildung von Komplexen gelöst werden. Silberchlorid geht z. B. in Anwesenheit von Ammoniak in Lösung.

Begründen Sie diese Aussagen.

Interpretieren Sie die Abbildung V 2.1 „Ligandenaustauschreaktionen von Silberkomplexen“.



**Abb. V 2.1:** Ligandenaustauschreaktionen von Silberkomplexen

Aus der Kenntnis des Löslichkeitsproduktes und der Komplexstabilitätskonstanten kann die Löslichkeit eines schwer löslichen Salzes in einem Komplexbildner ermittelt werden.

Berechnen Sie die Löslichkeit von Silberchlorid in einer Ammoniak-Lösung der Konzentration  $c = 0,1$  mol/L. Fassen Sie dazu die beiden beteiligten Gleichgewichtsreaktionen zu einer Bruttogleichung zusammen. Wenden Sie auf diese Bruttogleichung von Silberchlorid mit Ammoniak das Massenwirkungsgesetz an. Beachten Sie, dass beim Bilden von Bruttogleichungen die Gleichgewichtskonstanten der Teilgleichungen multipliziert werden.



### Thema V 3: Stickoxide und Salpetersäure

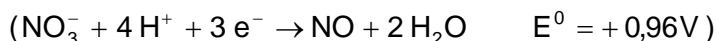
- 1 Jährlich werden in Deutschland etwa 3 Millionen Tonnen Stickstoffoxide an die Umwelt abgegeben. Die Hauptverursacher sind Kraftfahrzeuge und Heizkraftwerke. Da dort gleichzeitig mehrere Stickstoffoxide entstehen, fasst man sie unter der Bezeichnung  $\text{NO}_x$  zusammen. Der  $\text{NO}_x$ -Ausstoß lässt sich durch die Steuerung der ablaufenden Prozesse, also durch Präventivmaßnahmen, beeinflussen. Stickstoff und Sauerstoff können zu Stickstoffmonoxid reagieren.

Temperatur [°C]	200	700	1200	1800	1900
Stickstoffmonoxidanteil im Gleichgewicht [Vol %]	$10^{-7}$	0,04	0,1	0,5	1

Begründen Sie, unter Einbeziehung der Tabellenangaben die Forderung nach einem Tempolimit für Kraftfahrzeuge.

- 2 Zur Darstellung von Stickstoffmonoxid im Labor werden in einem Kolben Kupferspäne vorgelegt. Aus einem Tropftrichter wird langsam halbkonzentrierte Salpetersäure zugegeben. Dabei entstehen zunächst ein braunes Gas ( $\text{NO}_2$ ) sowie eine blaue Lösung von Kupfer(II)-nitrat. Die anfängliche Entwicklung von Stickstoffdioxid beruht darauf, dass das gebildete Stickstoffmonoxid mit dem Luftsauerstoff in der Apparatur reagiert. In dem Maße, wie die Luft aus dem Kolben verdrängt wird, bildet sich nahezu vollständig farbloses Stickstoffmonoxid. Die gasförmigen Produkte werden durch eine Waschflasche geleitet, die mit einer Lösung von angesäuertem Kaliumhexacyanoferrat(II) gefüllt ist. Diese Mischung dient der Reduktion von Stickstoffdioxid, welches auch aus der Reaktion von Salpetersäure mit Stickstoffmonoxid entstammt. Sobald das Gas am Ausgang der Apparatur völlig farblos ist, kann es zur weiteren Verwendung aufgefangen werden.

Formulieren Sie für alle beschriebenen Reaktionen im Labor die entsprechenden chemischen Gleichungen. Begründen Sie, dass Kupfer ein geeigneter Reaktionspartner ist. Beachten Sie dabei, dass eine Wasserstoffentwicklung verhindert werden soll.



- 3 Die Nitrierung von Aromaten gelingt mit Nitriersäure, einem Gemisch aus konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure. Salpetersäure ist eine starke Säure. Nur gegenüber anderen, wesentlich stärkeren Säuren, wie z. B. Schwefelsäure wirkt Salpetersäure als Base. Das dabei entstehende stickstoffhaltige Ion reagiert unter Wasserabspaltung weiter zum relativ stabilen Nitryl-Kation ( $\text{NO}_2^+$ ).

Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die im Text beschriebenen Reaktionsschritte und für die Gesamtreaktion zur Bildung des Nitryl-Kations. Beschreiben Sie den Reaktionsmechanismus der Nitrierung von Benzol.