

KULTUSMINISTERIUM DES LANDES SACHSEN-ANHALT



Abitur
April/Mai 2002

Chemie
(Leistungskurs)

Einlesezeit: 30 Minuten
Bearbeitungszeit: 300 Minuten

Thema 1

Stickstoff – seine Nutzung zur Herstellung
von Salpetersäure und weiteren
Folgeprodukten

Thema 2

Organische Zwischenprodukte

Thema 3

Kupfer und Kupferverbindungen

Thema 1: Stickstoff – seine Nutzung zur Herstellung von Salpetersäure und weiteren Folgeprodukten**1 Stickstoff**

- 1.1 Stickstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Es wirkt erstickend und reagiert chemisch nur unter extremen Bedingungen.

Begründen Sie die Stabilität des Stickstoffmoleküls aus dem Atombau und der chemischen Bindung. Berücksichtigen Sie dazu die Stellung des Elementes Stickstoff im Periodensystem und verwenden Sie zur Kennzeichnung der Bindung die LEWIS-Schreibweise.

- 1.2 Entnehmen Sie das angefügte Arbeitsblatt „Die industrielle Nutzung von Luftstickstoff“ und ergänzen Sie entsprechende Reaktionsgleichungen.

Ordnen Sie im unteren Teil den jeweiligen Oxidationszahlen Stickstoff und Stickstoffverbindungen zu.

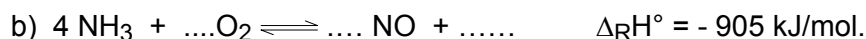
Erläutern Sie wesentliche Aussagen zur Theorie der Redoxreaktionen am Beispiel von Ammoniak, Stickstoff und Salpetersäure.

2 Salpetersäure

- 2.1 Die technische Herstellung der Salpetersäure beruht auf dem OSTWALD–Verfahren. Dabei wird Ammoniak am Platin-Rhodium-Katalysator bei einer Temperatur von $\vartheta = 900\text{ °C}$ mit Luftsauerstoff umgesetzt.

Für die Salpetersäureproduktion ist die Bildung von Stickstoffmonoxid erwünscht. Diese Reaktion ist nicht begünstigt, kann aber durch die Anwendung geeigneter Bedingungen so gesteuert werden, dass die Ausbeute an Stickstoffmonoxid bis zu 95 % beträgt.

Vervollständigen Sie die folgenden Reaktionsgleichungen:



Diskutieren Sie die Möglichkeiten für die Steuerung dieser beiden miteinander konkurrierenden Reaktionen durch Konzentration, Druck, Temperatur und Katalysator.

Erläutern Sie an diesem Verfahren das Prinzip der Katalyse.

Berechnen Sie das Volumen an Ammoniak unter Normbedingungen, das zur Herstellung von 21 t Salpetersäure benötigt wird.

- 2.2 Salpetersäure wird in der organischen Chemie häufig zur Nitrierung von Verbindungen eingesetzt, die als Sprengstoffe Verwendung finden. Solche Stoffe sind: Glycerintrinitrat (Trinitroglycerin), 2,4,6-Trinitro-methylbenzol (2,4,6-Trinitrotoluol; TNT) oder 2,4,6-Trinitrohydroxybenzol (2,4,6-Trinitrophenol).

Geben Sie die Strukturformeln dieser drei Stoffe an.

- 2.3 Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung für die Umsetzung von Propan-1,2,3-triol (Glycerin) zum genannten 1,2,3-Trinitroglycerin und geben Sie die Reaktionsart an.

Beim Einsatz als Sprengstoff zerfällt flüssiges 1,2,3-Trinitroglycerin durch den im Molekül enthaltenen Sauerstoff in Kohlenstoffdioxid, Wasser (gasförmig), Stickstoff und Sauerstoff.

Entwickeln Sie dafür eine Reaktionsgleichung und begründen Sie qualitativ den explosionsartigen Verlauf.

3 Ammoniumverbindungen

3.1 Experiment

In nummerierten Gefäßen befinden sich verdünnte wässrige Lösungen folgender Stoffe: Ammoniak, Salpetersäure, Ammoniumchlorid, Ammoniummethanat (Ammoniumacetat).

Entwickeln Sie einen Plan zur Identifizierung dieser Stoffe.

Fordern Sie die notwendigen Chemikalien zum Nachweis an, führen Sie die experimentellen Nachweise durch und nehmen Sie eine Zuordnung vor.

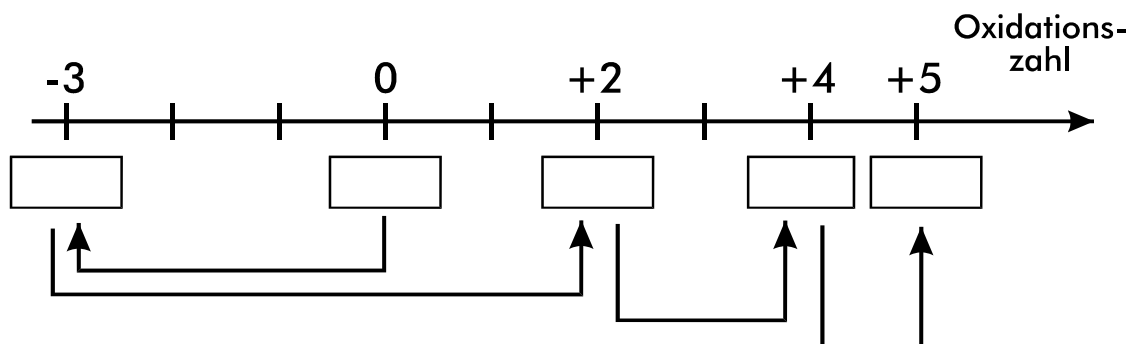
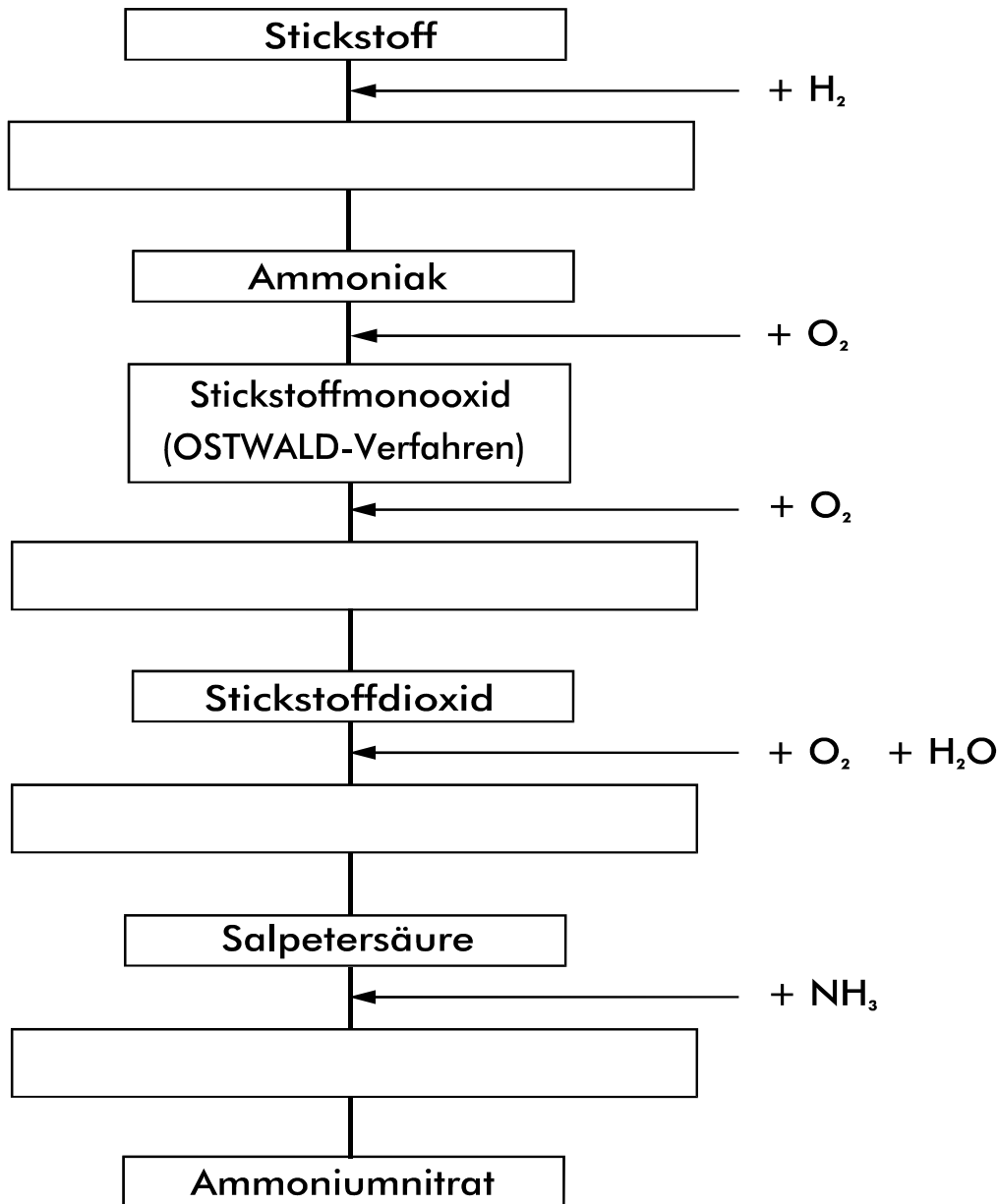
Formulieren Sie die entsprechenden Reaktionsgleichungen.

- 3.2 Berechnen Sie den jeweiligen pH-Wert wässriger Lösungen von Ammoniak und von Salpetersäure. Die Konzentration der Lösung sei in beiden Fällen $c = 0,1 \text{ mol/L}$.

Berechnen Sie weiterhin die Masse an Ammoniumchlorid, die eingewogen werden müsste, um 0,5 L einer Ammoniumchlorid-Lösung mit einem pH-Wert von 5,1 herzustellen.

Arbeitsblatt zum Thema 1:

Die industrielle Nutzung von Luftstickstoff



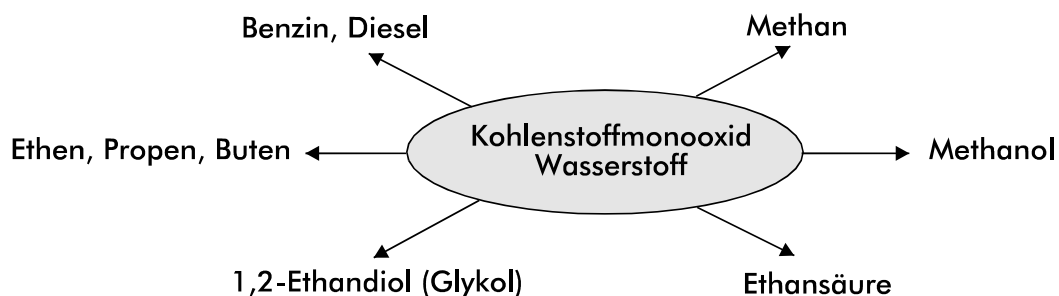
Thema 2: Organische Zwischenprodukte

- 1 Die Rohstoffbasis der Zwischenproduktherstellung
- 1.1 Zwischenprodukte sind die aus den Grundstoffen durch chemische Umwandlung hervorgegangenen Produkte, deren Abwandlung zu weiteren Zwischenprodukten und schließlich zum Endprodukt führt.

Als Synthesegas werden Wasserstoff oder Gemische aus Wasserstoff und Stickstoff sowie Wasserstoff und Kohlenstoffmonooxid bezeichnet. Es stellt das Bindeglied zwischen Kohle und vielen organischen Produkten dar. Ausgangsstoffe sind feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe, die mittels Wasserdampf, Luft bzw. Sauerstoff bei ausreichend hohen Temperaturen oft unter Druck und in Gegenwart eines Katalysators zum Produkt umgesetzt werden.

Formulieren Sie für die Synthesegaserzeugung vier Reaktionsgleichungen.

- 1.2 Formulieren Sie für vier der in der Übersicht angegebenen Möglichkeiten der Synthesegaschemie die Reaktionsgleichungen und ordnen Sie eine Reaktion Ihrer Wahl der entsprechenden Reaktionsart zu.



- 1.3 Heute wird Methanol großtechnisch überwiegend aus Synthesegas hergestellt. Begründen Sie auch unter Einbeziehung des Massenwirkungsgesetzes, dass die Methanolsynthese sowohl in ihren physikalisch-chemischen Grundlagen als auch in den Prinzipien der technischen Reaktionsführung zur Ammoniak-Synthese analog ist.

Zur Methanolsynthese wird ein Gasgemisch verwendet, in dem Wasserstoff und Kohlenstoffmonooxid im Stoffmengenverhältnis

$$n(\text{H}_2) : n(\text{CO}) = 2,1 : 1$$

vorliegen. Dieses Synthesegas wird durch Konvertieren eines Gemisches von Wasserstoff und Kohlenstoffmonooxid gewonnen, das zu Beginn das Stoffmengenverhältnis

$$n(\text{H}_2) : n(\text{CO}) = 1 : 1$$

hat. Ermitteln Sie rechnerisch, ob ein Einsatz von 0,5 mol Wasserdampf für 1 mol Kohlenstoffmonooxid ausreicht, um das erforderliche Stoffmengenverhältnis

$$n(\text{H}_2) : n(\text{CO}) = 2,1 : 1$$

im Gleichgewicht zu sichern. Die Gleichgewichtskonstante bei der Reaktionstemperatur $\vartheta = 500 \text{ °C}$ beträgt $K = 6$.

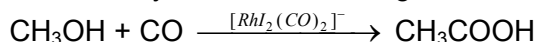
2 Basizität und Acidität von Stoffen

2.1 Methanol kann mit Ammoniak zu Methylamin [$pK_B(\text{CH}_3\text{—NH}_2) = 3,36$] umgesetzt werden. Methylamin ist ein typisches Zwischenprodukt u. a. für die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln und Pharmazeutika.

Ammoniak ist in Wasser eine schwache Base, Stickstofftrifluorid zeigt jedoch keinerlei Basizität.

Begründen Sie die Abstufung der Basizität dieser drei Stoffe mit Hilfe von Strukturbetrachtungen und Substituenteneffekten.

2.2 Ein erfolgreiches kommerzielles Verfahren zur Herstellung von Ethansäure basiert auf der rhodiumkatalysierten Umsetzung von Methanol mit Kohlenstoffmonooxid.



Wichtige Zwischenschritte sind die Reaktion von Methanol mit Iodwasserstoff, die Reaktion von Methyljodid mit Kohlenstoffmonooxid und die anschließende Hydrolyse von Acetyljodid (CH_3COI) zu Ethansäure.

Entwickeln Sie die Reaktionsgleichungen und nennen Sie die Reaktionsarten.

Methansäure und Ethansäure sind die ersten Glieder der homologen Reihe der Alkansäuren. Begründen Sie die Sonderstellung der Methansäure in dieser homologen Reihe.

2.3 Experiment

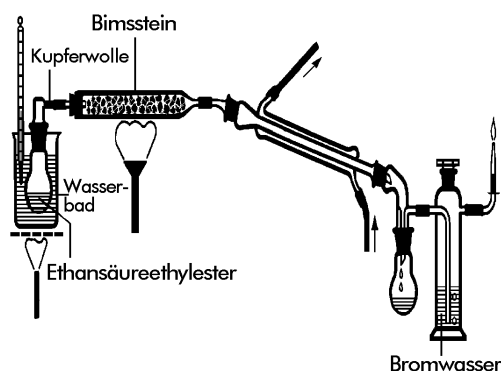
In gekennzeichneten Gefäßen befinden sich die Substanzen Natriumchlorid, Natriumcarbonat, Natriumethanat (Natriumacetat) und Natriumhydrogensulfat.

Identifizieren Sie die Substanz Natriumethanat. Ihnen stehen neben den o. g. Feststoffen nur noch Universalindikator-Lösung und destilliertes Wasser zur Verfügung. Beachten Sie die Möglichkeit der Reaktion von Feststoffen untereinander.

Erstellen Sie einen Plan zur Identifizierung und begründen Sie Ihre Vorgehensweise unter Einbeziehung der chemischen Zeichensprache.

3 Thermische Spaltung des Ethansäureethylesters

Zur Durchführung wird beschrieben: In den Rundkolben wird der wasserfreie Ethansäureethylester eingefüllt und dann der Bimssteinkörper auf Rotglut erhitzt. Gleichzeitig wird der Ethansäureethylester im Wasserbad auf $\vartheta \approx 90^\circ\text{C}$ erwärmt. Nach wenigen Minuten wird nach negativem Ausfall der Knallgasprobe das ausströmende Gas entzündet. Das Kondensat ist mit Universalindikator-Lösung zu prüfen.



Es wird Folgendes beobachtet:

Das Kondensat färbt den Universalindikator rot. Das Gas brennt mit leuchtender Flamme und entfärbt Bromwasser.

Erklären Sie die Beobachtungen und formulieren Sie die entsprechenden Reaktionsgleichungen.

Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung für die thermische Spaltung des Ethansäureethylesters. Ordnen Sie diese Reaktion begründet einer Reaktionsart zu.

Thema 3: Kupfer und Kupferverbindungen

1 Eigenschaften des Kupfers

1.1 Kupfer gehört auf Grund seiner Eigenschaften zu den wichtigsten technisch genutzten Metallen. Die Reaktionsfähigkeit wird vor allem durch seinen edlen Charakter, den leichten Wechsel der Oxidationsstufen, die Schwerlöslichkeit einer Reihe von Verbindungen sowie durch das komplexchemische Verhalten bestimmt.

Leiten Sie vier wesentliche Eigenschaften von Metallen aus deren Bau ab.

Kupfer und seine Verbindungen unterliegen Kreislaufprozessen (vgl. Abbildung 3.1).

Wählen Sie einen Kreislauf aus und beschreiben Sie unter Einbeziehung von Reaktionsgleichungen die dargestellten Zusammenhänge.

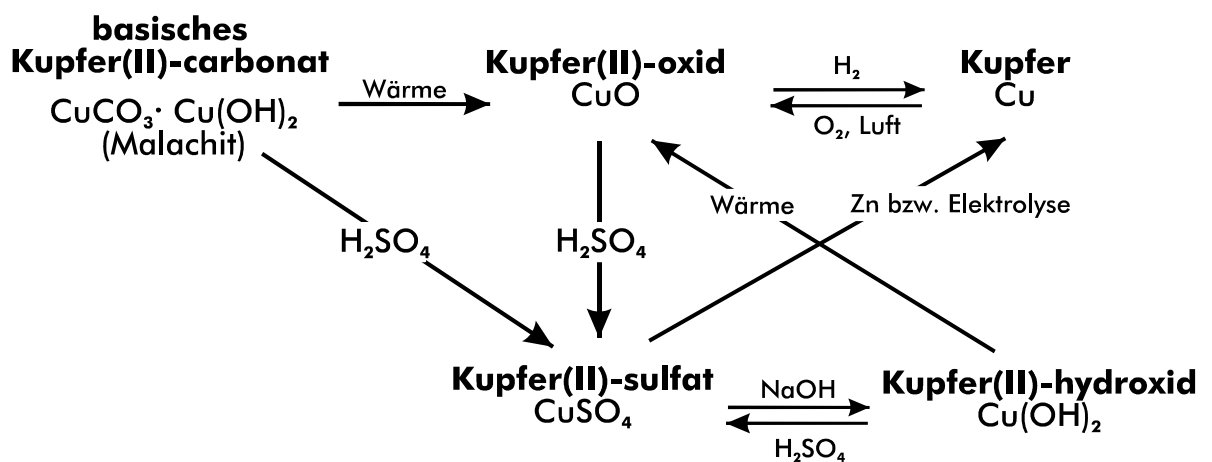


Abb. 3.1: Kupferkreislaufprozesse (vereinfacht)

1.2 Entscheiden Sie, ob Kupfer mit den folgenden Säuren reagieren kann. Begründen Sie Ihre drei Entscheidungen.

- verdünnte Salpetersäure ($c = 0,1 \text{ mol/L}$),
- konzentrierte Salpetersäure und
- konzentrierte Chlorwasserstoffsäure.

Entwickeln Sie mögliche Reaktionsgleichungen in Ionenschreibweise.

(Für verdünnte Lösungen gilt: $E(\text{H}_2/2\text{H}^+) = -0,059 \text{ V} \cdot \text{pH}$)

1.3 Kupfer(II)-Ionen sind besonders gute Komplexbildner.

Beschreiben Sie am Beispiel des Tetraamminkupfer(II)-Ions Bau und chemische Bindung eines Komplexes nach einem Modell Ihrer Wahl. Wird eine wässrige Kupfer(II)-salz-Lösung mit Ammoniak-Lösung versetzt, so erfolgt eine Ligandenaustauschreaktion.

Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung.

Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentration an Kupfer(II)-Ionen, wenn eine Kupfer(II)-salz-Lösung der Konzentration $c_0(\text{Cu}^{2+}) = 10^{-3}$ mol/L mit einer Ammoniak-Lösung der Konzentration $c_0(\text{NH}_3) = 10^{-1}$ mol/L reagiert. Verwenden Sie für Ihre Berechnung die Abb. 3.2 „Ligandenaustausch bei Kupferkomplexen“ und die Komplexbildungskonstante $K_B([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 2 \cdot 10^{13} \text{ L}^4/\text{mol}^4$.

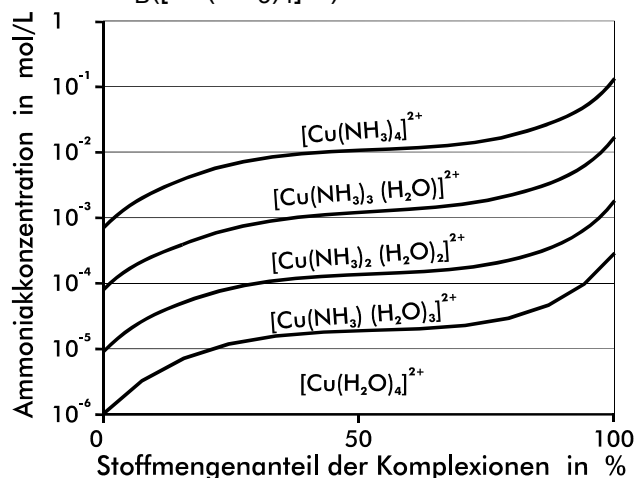


Abb. 3.2: Ligandenaustausch bei Kupferkomplexen

1.4 Beschreiben Sie eine Möglichkeit, die Reihenfolge von Kupfer, Silber, Blei und Zink in der elektrochemischen Spannungsreihe der Metalle experimentell zu bestätigen.

Bauteile aus Kupfer und Zink gelten als korrosionsbeständig und deshalb als besonders langlebig und dauerhaft.

Werten Sie den in der Abb. 3.3 „Teil eines Daches“ dargestellten Vorschlag der gleichzeitigen Verarbeitung von Zink- und Kupferbauteilen unter den Gesichtspunkten Korrosion und Korrosionsschutz.

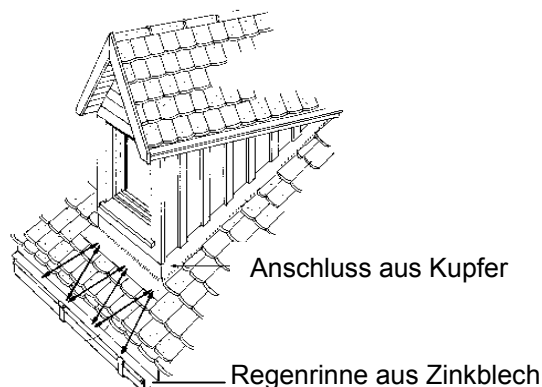


Abb. 3.3: Teil eines Daches

2 Kupferherstellung

2.1 Experiment

Elektrolysieren Sie ca. 5 min eine verdünnte Schwefelsäure-Lösung der Konzentration $c = 0,1 \text{ mol/L}$ mit einer Spannung von $U = 6 \text{ V}$ unter Verwendung einer Kohlenstoff-Kathode und einer Kupfer-Anode.

Fertigen Sie ein Kurzprotokoll an.

2.2 Das Experiment ist ein Modellexperiment zur elektrolytischen Kupferraffination. In der Praxis wird als Elektrolyt eine mit Schwefelsäure versetzte Kupfer(II)-sulfat-Lösung verwendet. Als Elektrodenmaterialien werden Roh- und Reinstkupfer eingesetzt.

Beschreiben Sie ausgehend vom Modell-Experiment diese Metall-Raffination unter Verwendung der Abb. 3.4 „Elektrolytische Raffination des Kupfers“.

Es wird angenommen, dass als Verunreinigung neben Nickel auch noch Arsen vorliegt.

Erklären Sie, weshalb Probleme bei der Raffination von Kupfer auftreten können, wenn die Konzentration an Arsen(III)-Ionen in der Lösung zu stark ansteigt. (Standardelektrodenpotential $E^0(\text{As}/\text{As}^{3+}) = 0,30 \text{ V}$)

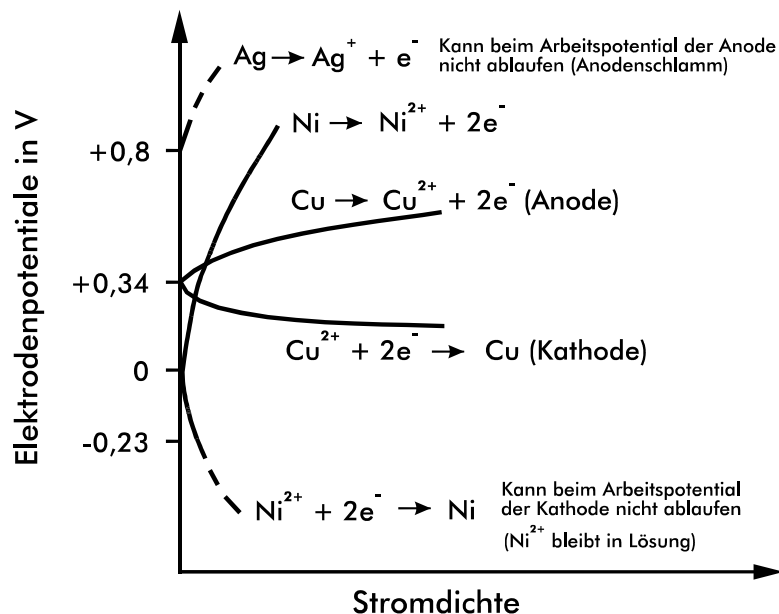


Abb. 3.4: Elektrolytische Raffination des Kupfers

2.3 Ein metallischer Gegenstand von 500 cm^2 Oberfläche soll galvanisch mit einer $0,5 \text{ mm}$ dicken Kupferschicht überzogen werden.

Berechnen Sie die theoretisch erforderliche Stromstärke, wenn der Vorgang in 10 Stunden abgeschlossen sein soll.