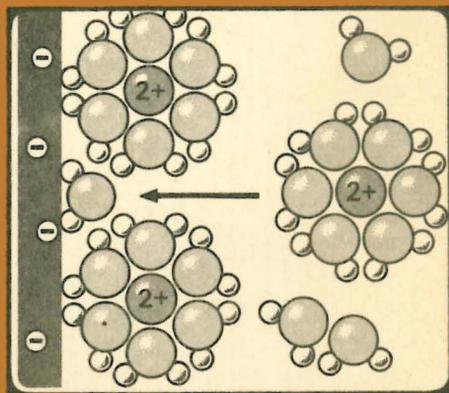
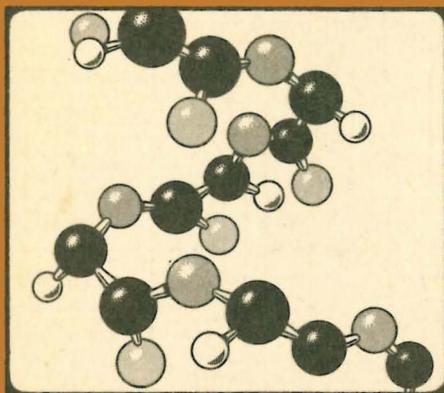


# CHEMIE

# Schüler- experimente

# 11|12



# Verhalten beim Experimentieren

Beim Experimentieren im Fachunterrichtsraum Chemie sind bestimmte Hinweise zu beachten. Sie dienen dem Schutz Ihrer Gesundheit, dem Schutz Ihrer Kleidung und tragen zur Erhaltung des Inventars und der Geräte bei. Ihr Chemielehrer trägt in das Klassenbuch ein, daß er Sie über das Verhalten beim Experimentieren im Fachunterrichtsraum Chemie, insbesondere über nachfolgende Hinweise belehrt hat.

**1** Beachten Sie genau die Anweisungen des Chemielehrers! Ihnen ist unbedingt Folge zu leisten! Nur größte Disziplin sichert den Erfolg der experimentellen Arbeit. Das falsche Handhaben von Geräten und der falsche Umgang mit Chemikalien kann zu Unfällen führen und ist unbedingt zu unterlassen!

**2** Experimentell gearbeitet wird nur mit Schutzbekleidung (Kittel, Schürze) und erforderlichenfalls mit Schutzbrille!

**3** Informieren Sie sich vor Ihren experimentellen Arbeiten, wo sich Feuerlöscher, Löschsand und die Materialien für die Erste Hilfe befinden!

**4** Das Essen und Trinken ist im Fachunterrichtsraum Chemie nicht gestattet!

**5** Das Kosten von Feststoffen und Lösungen ist grundsätzlich verboten! Bei Geruchsproben müssen Sie sich das zu prüfende Gas mit der Hand zufächeln!

**6** Sind die Geräte und Chemikalien nicht vollständig, ist eine Chemikalienflasche leer, ein Gerät beschädigt oder wird beim Arbeiten ein Gerät zerstört, ist das dem Chemielehrer sofort zu melden!

**7** Feste, verbrauchte Materialien (Filter, Indikatorpapiere, Rückstände von Feststoffen, Streichhölzer) gehören in die dafür bestimmten Abfallbehälter!

**8** Die Brenner sind so weit von der vorderen Tischkante entfernt aufzustellen, daß die Schüler vor Ihnen nicht verletzt werden können beziehungsweise deren Kleidung nicht beschädigt wird!

**9** Werden Stoffe im Reagenzglas erhitzt, ist der Reagenzglashalter zum Halten des Reagenzglases zu benutzen! Die Reagenzglasöffnung ist dabei stets so zu halten, daß beim Herausspritzen von Stoffen niemand getroffen werden kann!

**10** Alle Unfälle und Verletzungen, auch die kleinsten, sind sofort dem Lehrer zu melden!

**11** Es werden stets nur kleinste Substanzmengen verwendet! Ist ein Stoff aus der Chemikalienflasche entnommen und er wird nicht vollständig verbraucht, darf er nicht zurückgegeben werden! Öffnen Sie nie mehr als eine Flasche gleichzeitig!

**12** Chemikalien dürfen nicht mit den Händen berührt werden!

**13** Ihr Chemielehrer legt fest, wie nach Abschluß des Experimentierens die Geräte gereinigt werden und wie Ihr Arbeitsplatz aufgeräumt werden soll!

**14** Überprüfen Sie nach dem Experimentieren, ob Gas- und Wasserhähne wieder geschlossen sind!

**15** Waschen Sie nach dem Experimentieren Ihre Hände! Viele Schwermetallverbindungen, Säure- und Basenlösungen sind giftig oder wirken ätzend!

# CHEMIE

# Schüler- experimente

für die Klassen 11 und 12



**Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin**  
**1984**

**Autoren:**

**Dr. Heinz Bogisch (Vorwort, Experimente 1 bis 25)**

**Studienrat Dr. Wolfram Felber (Experimente 26 bis 29)**

**Dr. Dietrich Henning (Experimente 7 bis 9)**

**Prof. Dr. Erhard Uhlemann (Experimente 1 bis 6)**

**Leiter des Autorenkollektivs: Prof. Dr. Bruno Janke, Doz. Dr. Helmut Barthel**

**Redaktion: Werner Trebing, Edward Gutmacher**

**Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch  
bestätigt**

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin, 1980

4. Auflage

Ausgabe 1980

Lizenz Nr. 203 · 1000/84 (DN 03 11 55-4)

LSV 0681

Zeichnungen: Fritz Hampel

Einband: Manfred Behrendt

Typografische Gestaltung: Atelier vvv, Gerhard Neitzke

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden

Schrift: 9/11 p Gill-Grotesk (Monotype)

Redaktionsschluß: 20. Januar 1984

Bestell-Nr.: 730 759 5

Schulpreis DDR: 0,70

# Inhalt

Vorwort . . . . .	5
-------------------	---

## Atombau – Nebengruppenelemente

1 Einwirkung von Kaliumpermanganatlösung auf Eisen(II)-sulfatlösung . . . . .	7
2 Redoxreaktion von Kaliumdichromatlösung mit Kaliumjodidlösung . . . . .	8
3 Einwirkung von Kaliumpermanganatlösung auf Methansäure . . . . .	9

## Chemische Bindung – Komplexverbindungen

4 Einwirkung von Ammoniaklösung auf Kupfer(II)-sulfatlösung oder Kupfer(II)-hydroxid und von Natriumhydroxidlösung auf Aluminiumsulfatlösung . . . . .	11
5 Einwirkung von Natriumthiosulfatlösung auf Silberchlorid und von Ammoniumthiozyanatlösung und Natriumfluoridlösung auf Eisen(III)-chloridlösung . . . . .	12
6 Nachweis von Eisen(III)-Ionen und Kupfer(II)-Ionen . . . . .	13

## Makromolekulare Stoffe

7 Verhalten von Polyvinylchlorid und Harnstoff oder Oktadekansäure beim Erwärmen . . . . .	14
8 Einwirkung von Methanol auf Weich-PVC . . . . .	16
9 Verhalten von Eiweißlösung beim Erhitzen und bei Zugabe von Chemikalien . . . . .	17

## Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

10 Bestimmung der molaren Neutralisationsenthalpie . . . . .	18
--	----

## Chemisches Gleichgewicht

11	Einfluß eines gleichionigen Zusatzes auf ein Protolysegleichgewicht sowie Darstellung und Untersuchung einer Pufferlösung . . . . .	20
12	Neutralisationsanalyse . . . . .	22

## Praktikum

13	Redoxreaktion . . . . .	25
14	Säure-Base-Reaktion . . . . .	26
15	Substitutionsreaktion . . . . .	27
16	Additionsreaktion . . . . .	28
17	Eliminierungsreaktion . . . . .	28
18	Bestimmung der molaren Neutralisationsenthalpie . . . . .	30
19	Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration . . . . .	31
20	Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit vom Katalysator . . . . .	32
21	Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur . . . . .	33
22	Einstellung des chemischen Gleichgewichts . . . . .	34
23	Einfluß gleichioniger Zusätze auf Protolysegleichgewichte sowie Darstellung und Untersuchung von Pufferlösungen . . . . .	36
24	Nachweis von Ionen . . . . .	37
25	Quantitative Bestimmung von Kohlenstoff . . . . .	39

## Elektrochemie

26	Aufbauen eines Daniell-Elements und Überprüfen der Funktion . . . . .	41
27	Elektrochemische Fällung von Metallen aus Salzlösungen . . . . .	43
28	Elektrolyse von Kupfer(II)-chloridlösung mit Kohleelektroden . . . . .	45
29	Elektrolyse verdünnter Schwefelsäure mit Kohlekatode und Konstantanode . . . . .	47

# Vorwort

Die Broschüre enthält Anleitungen für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Schülerexperimenten. Die Anleitungen sind nach dem gleichen Schema aufgebaut.

Aus der gestellten **Aufgabe** geht hervor, was experimentell untersucht werden soll. Durch die Aufgabe ist die Funktion der Experimente bestimmt. So kann mit Hilfe des Experiments ein noch unbekannter Sachverhalt erkundet oder eine als wahr bekannte Aussage veranschaulicht werden. Darüber hinaus dient das Experiment der Überprüfung von Aussagen, von denen noch nicht erwiesen ist, ob sie wahr oder falsch sind. In diesen drei Funktionen sind die Experimente in der Broschüre enthalten.

Eine **Vorüberlegung** ist hinsichtlich der theoretischen Grundlagen und der Durchführung des Experiments erforderlich.

Die Aufzählung der **Geräte und Chemikalien** erfolgt im Hinblick auf eine effektive Vorbereitung der Experimente.

Bei Einhaltung der Arbeitsvorschriften ist eine sichere und erfolgreiche **Durchführung** der Experimente gewährleistet. Befolgen Sie die Regeln zum Verhalten beim Experimentieren (/ vordere Innenseite)! Beachten Sie die speziellen Hinweise zum Umgang mit Geräten und Chemikalien bei den einzelnen Experimenten!

Wenn Sie in Schülergruppen arbeiten, sollte eine Aufgabenteilung vorgenommen werden. Während ein Schüler experimentiert, kann der andere Schüler den Ablauf des Experiments aufmerksam verfolgen und gegebenenfalls korrigieren, beobachten, protokollieren, Handreichungen vornehmen. Nach einer gewissen Zeit erfolgt ein Wechsel der Tätigkeiten innerhalb der Gruppe. Eine Möglichkeit der Aufgabenteilung ist in den Experimentieranleitungen dargestellt. Werden die Experimente in Einzelarbeit oder in Gruppenarbeit zu je drei Schülern durchgeführt, so erteilt der Lehrer entsprechende Hinweise.

Notieren Sie die Beobachtungsergebnisse! Tragen Sie die Meßgrößen in die vorbereiteten Tabellen ein!

Die **Auswertung** der Experimente erfolgt in der Unterrichtsstunde unter Berücksichtigung der gestellten Aufgabe. **Die Broschüre darf nicht für Eintragungen verwendet werden.** Jeder Schüler hat ein Protokoll anzufertigen.

**Beachten Sie bei der Protokollführung folgende Hinweise:**

**Protokollieren Sie das Wesentliche!**

**Formulieren Sie knapp, sprachlich korrekt und wissenschaftlich exakt!**

**Vermeiden Sie Wiederholungen!**

**Verwenden Sie ein Protokollschema!**

Das Protokollieren kann nach dem Schema auf der hinteren Innenseite des Umschlags vorgenommen werden. Unter den einzelnen Gliederungspunkten sind mögliche Inhalte aufgeführt. Sie haben unter Berücksichtigung der gestellten Aufgabe zu entscheiden, welche der Inhalte im betreffenden Protokoll erscheinen. So wird zum Beispiel in Auswertung eines Experiments, welches das Erkunden eines Sachverhalts zur Aufgabe hat, eine Aussage über den betreffenden Sachverhalt formuliert. Soll dagegen die Gültigkeit einer Voraussage experimentell überprüft werden, so ist auf der Grundlage der Beobachtungsergebnisse eine Aussage über die Gültigkeit der Voraussage abzuleiten und zu protokollieren. Das Aufzählen von Tätigkeiten unter „Durchführung“ kann entfallen, wenn die Arbeitsschritte das Ergebnis der eigenen Planung waren. Geräte und Chemikalien brauchen nicht aufgeführt werden, wenn diese aus der Skizze des Geräteaufbaus oder der Beschreibung der Durchführung ersichtlich sind. Bei Anfertigung eines Kurzprotokolls kann auch auf die Vorüberlegung verzichtet werden. Das Protokoll muß insgesamt so angelegt sein, daß auf der Grundlage seiner Informationen das Experiment mit Erfolg wiederholt werden kann.

Im Text werden folgende Abkürzungen verwendet:

LB 11 Chemie Lehrbuch für Klasse 11

LB 12 Chemie Lehrbuch für Klasse 12

ChiÜb Chemie in Übersichten

TW 11/12 Tafelwerk Mathematik-Physik-Chemie Klassen 11/12

# Atombau – Nebengruppenelemente

## Einwirkung von Kaliumpermanganatlösung auf Eisen(II)-sulfatlösung

1

### Aufgabe

Untersuchen Sie, ob in angesäuerter wässriger Lösung Kaliumpermanganat gegenüber Eisen(II)-sulfat als Oxydationsmittel wirkt!

### Vorüberlegung

1. Definieren Sie die Begriffe Oxydationszahl, Oxydation, Reduktion, Oxydationsmittel, Reduktionsmittel, korrespondierendes Redoxpaar und Redoxreaktion (LB 11, ChiÜb)!
2. Bestimmen Sie die Oxydationszahl des Elements Mangan im Kaliumpermanganat und des Elements Eisen im Eisen(II)-sulfat!  
Welche Oxydationszahlen können die Elemente Mangan und Eisen noch aufweisen? Begründen Sie Ihre Aussagen!
3. Woran wollen Sie erkennen, ob in angesäuerter wässriger Lösung Kaliumpermanganat gegenüber Eisen(II)-sulfat als Oxydationsmittel auftritt? Stellen Sie sich selbst eine Beobachtungsaufgabe!

### Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reagenzgläser

Eisen(II)-sulfatlösung  
Kaliumpermanganatlösung  
verdünnte Schwefelsäure

### Durchführung

Zu Eisen(II)-sulfatlösung wird Kaliumpermanganatlösung, die mit Schwefelsäure angesäuert ist, getropft.

Berücksichtigen Sie die Beobachtungsaufgabe!

### Auswertung

1. Wie lautet das Ergebnis für die gestellte Aufgabe?
2. Wenn Kaliumpermanganat im durchgeführten Experiment als Oxydationsmittel aufgetreten ist, so beziehen Sie die folgenden Aufgaben in die Auswertung ein:

Entwickeln Sie aus der chemischen Gleichung für die Redoxreaktion die chemischen Gleichungen für die korrespondierenden Redoxpaare in Ionenschreibweise!  
Benennen Sie die korrespondierenden Redoxpaare!  
Was wird oxidiert?  
Was wird reduziert?  
Begründen Sie Ihre Aussagen!

## Redoxreaktion von Kaliumdichromatlösung mit Kaliumjodidlösung

2

### Aufgabe

Führen Sie die Redoxreaktion von Kaliumdichromatlösung mit Kaliumjodidlösung durch!

### Vorüberlegung

Leiten Sie aus der Elektronenkonfiguration des Chromatoms beziehungsweise des Jodatoms die möglichen Oxydationszahlen der betreffenden Elemente ab! Gehen Sie dabei auf den Zusammenhang zwischen Elektronenkonfiguration der Atome und Oxydationszahl der Elemente ein (TW 11/12)!

### Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reagenzgläser

Kaliumdichromatlösung (Vorsicht, Gift 2!)

Kaliumjodidlösung

verdünnte Schwefelsäure

Tetrachlormethan (Vorsicht, Gift 2!)

### Durchführung

Eine mit wenig Schwefelsäure angesäuerte Kaliumdichromatlösung wird tropfenweise mit Kaliumjodidlösung versetzt, mit Tetrachlormethan unterschichtet und geschüttelt.

Beobachten Sie die Kaliumdichromatlösung während der Zugabe von Kaliumjodidlösung! Beachten Sie die Farbe der Tetrachlormethanschicht nach dem Schütteln!

## Auswertung

Gehen Sie bei der Auswertung von der chemischen Gleichung für diese Redoxreaktion aus (LB 11)!

1. Warum ist folgende Aussage zulässig: Die vorliegenden Dichromat-Ionen werden in saurer Lösung zu Chrom(III)-Ionen reduziert.  
Begründen Sie, daß Jodid-Ionen dabei als Reduktionsmittel wirken!
2. Wieso ist die Umwandlung der Jodid-Ionen zu Jodmolekülen eine Oxydation?  
Begründen Sie, daß Dichromat-Ionen dabei Oxydationsmittel sind!
3. Welche Funktion hat die Schwefelsäure bei dieser Redoxreaktion?

## Einwirkung von Kaliumpermanganatlösung auf Methansäure

3

### Aufgabe

Überprüfen Sie experimentell die Zulässigkeit der Aussage: Kaliumpermanganat ist ein Oxydationsmittel für Methansäure!

### Vorüberlegung

1. Leiten Sie eine experimentell überprüfbare Folgerung aus der zu überprüfenden Aussage ab!
2. Stellen Sie sich selbst eine Beobachtungsaufgabe!

### Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reagenzgläser

Kaliumpermanganatlösung  
verdünnte Schwefelsäure  
verdünnte Methansäure

### Durchführung

1. Zu 2 ml Methansäure werden 2 ml einer mit Schwefelsäure angesäuerten Kaliumpermanganatlösung gegeben. Berücksichtigen Sie die Beobachtungsaufgabe!
2. Das entstehende Gas über der Lösung wird mit einem Halbmikro-Tropfer abgesaugt und in Bariumhydroxidlösung gedrückt. Beobachten Sie die Bariumhydroxidlösung!

## **Auswertung**

1. Vergleichen Sie die Aussage über die Beobachtungsergebnisse mit der experimentell überprüfaren Folgerung!  
Beurteilen Sie, ob die Folgerung wahr oder falsch ist!
2. Beurteilen Sie, ob die zu überprüfende Aussage bestätigt oder widerlegt ist!
3. Entwickeln Sie im Falle der Bestätigung der Aussage aus der chemischen Gleichung für die Redoxreaktion die chemischen Gleichungen für die korrespondierenden Redoxpaare in Ionenschreibweise!

# Chemische Bindung – Komplexverbindungen

## Einwirkung von Ammoniaklösung auf Kupfer(II)-sulfatlösung oder Kupfer(II)-hydroxid und von Natriumhydroxidlösung auf Aluminiumsulfatlösung

4

### Aufgabe

Ermitteln Sie das Verhalten von

- A) Kupfer(II)-sulfatlösung oder  
Kupfer(II)-hydroxid bei Zugabe von Ammoniaklösung,  
B) Aluminiumsulfatlösung bei Zugabe von Natriumhydroxidlösung!

### Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reagenzgläser

Kupfer(II)-hydroxid  
Kupfer(II)-sulfatlösung (Vorsicht, Gift 2!)  
verdünnte Ammoniaklösung  
Aluminiumsulfatlösung  
verdünnte Natriumhydroxidlösung (Vorsicht,  
Gift 2!)

### Durchführung

Schüler A

Kupfer(II)-sulfatlösung oder Kupfer(II)-hydroxid wird tropfenweise unter Rühren mit Ammoniaklösung im Überschuß versetzt.

Schüler B

Zur Aluminiumsulfatlösung wird unter Rühren Natriumhydroxidlösung im Überschuß getropft.

### Auswertung

Leiten Sie unter Berücksichtigung der oben gestellten Aufgaben aus den Beobachtungsergebnissen Aussagen ab!

# **Einwirkung von Natriumthiosulfatlösung auf Silberchlorid und von Ammoniumthiozyanatlösung und Natriumfluoridlösung auf Eisen(III)-chloridlösung**

**5**

## **Aufgabe**

Prüfen Sie das Verhalten von

- A) Silberchlorid gegenüber Natriumthiosulfatlösung,
- B) Eisen(III)-chloridlösung gegenüber Ammoniumthiozyanatlösung und Natriumfluoridlösung!

## **Vorüberlegung**

1. Was sind Komplexverbindungen?
2. Warum können Fluorid-Ionen als Liganden in Komplexverbindungen auftreten?
3. Wie werden Chlorid-Ionen in einer wässrigen Lösung nachgewiesen?

## **Geräte und Chemikalien**

Halbmikro-Reagenzgläser

Silbernitratlösung (Vorsicht, Gift 2!)

Natriumchloridlösung

Natriumthiosulfatlösung

Eisen(III)-chloridlösung

Ammoniumthiozyanatlösung (Vorsicht, Gift 2!)

Natriumfluoridlösung (Vorsicht, Gift 2!)

## **Durchführung I**

Schüler A

In eine Natriumchloridlösung werden 2 ··· 3 Tropfen Silbernitratlösung gegeben. Dazu ist unter Schütteln Natriumthiosulfatlösung zuzusetzen.

Schüler B

Eisen(III)-chloridlösung wird mit 2 ··· 3 Tropfen Ammoniumthiozyanatlösung, anschließend mit Natriumfluoridlösung versetzt.

Notieren Sie die Beobachtungsergebnisse!

## **Durchführung II**

Wiederholen Sie die Experimente, indem Sie

- A) Natriumchloridlösung zunächst mit Natriumthiosulfatlösung und dann mit Silbernitratlösung und

- B) Eisen(III)-chloridlösung zunächst mit Natriumfluoridlösung und dann mit Ammoniumthiozyanatlösung versetzen!  
Notieren Sie die Beobachtungsergebnisse!

### Auswertung

1. Erklären Sie die beobachteten Sachverhalte!  
Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen!
2. Welchen Einfluß haben Thiosulfat-Ionen beziehungsweise Fluorid-Ionen auf die Reaktionen von
  - A) Silber-Ionen mit Chlorid-Ionen
  - B) Eisen(III)-Ionen mit Thiozyanat-Ionen (Durchführung II)?Die Reaktionen A und B sind Nachweisreaktionen für Chlorid-Ionen beziehungsweise Eisen(III)-Ionen. Welche Konsequenzen ergeben sich bezüglich der Durchführung dieser Nachweisreaktionen bei Anwesenheit von Thiosulfat-Ionen beziehungsweise Fluorid-Ionen?

## Nachweis von Eisen(III)-Ionen und Kupfer(II)-Ionen

# 6

### Aufgabe

Weisen Sie in einer wäßrigen Lösung Eisen(III)- und Kupfer(II)-Ionen mit Hexacyanoferrat(II)-Ionen nach!

### Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reagenzgläser

Eisen(III)-chloridlösung

Kalium-hexacyanoferrat(II)-lösung (Vorsicht, Gift 2!)

Kupfer(II)-sulfatlösung (Vorsicht, Gift 2!)

### Durchführung

1. Zu einer verdünnten Eisen(III)-chloridlösung werden 2 ··· 3 Tropfen Kaliumhexacyanoferrat(II)-lösung gegeben.
2. Zu einer verdünnten Kupfer(II)-sulfatlösung werden 2 ··· 3 Tropfen Kaliumhexacyanoferrat(II)-lösung hinzugefügt.

### Auswertung

1. Warum sind diese Reaktionen zum Nachweis von Eisen(III)- und Kupfer(II)-Ionen geeignet?
2. Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen in Ionenschreibweise!
3. Welcher Reaktionsart sind die durchgeführten Reaktionen zuzuordnen?

# Makromolekulare Stoffe

## Verhalten von Polyvinylchlorid und Harnstoff oder Oktadekansäure beim Erwärmen

7

### Aufgabe

Bestimmen Sie die Erweichungstemperatur von Hart-PVC sowie die Schmelztemperatur von Harnstoff oder Oktadekansäure!

### Vorüberlegung

1. Welche Strukturmerkmale hat Hart-PVC?
2. Welche relative Molekülmasse hat ein makromolekularer Stoff, dessen Makromoleküle 1500 Grundbausteine von Monochloräthen enthalten? Berechnen Sie auch die relative Molekülmasse des Harnstoffs und der Oktadekansäure! Vergleichen Sie die relativen Molekülmassen dieser Stoffe!
3. Welche typischen Eigenschaften hat Hart-PVC?

### Geräte und Chemikalien

Becher (50 cm<sup>3</sup>, halbfüllt mit Sand)

Drahtnetz

Dreifuß

2 Laborthermometer (0 ... 200 °C)

Schmelztemperaturbestimmungsröhrchen

Heizblock

Streifen Hart-PVC (10 cm · 1 cm, 1 mm dick)

Harnstoff oder Oktadekansäure

### Durchführung

#### Schüler A

1. Ein Streifen Hart-PVC wird so in den Sand gesteckt, daß er mit der Oberfläche des Sandes einen Winkel von etwa 60° bildet. Neben der Hart-PVC-Probe ist ein Laborthermometer anzuordnen.
2. Der Becher ist langsam zu erwärmen. Wenn die Probe weich wird und umknickt, ist die Erweichungstemperatur erreicht.

## Schüler B

1. Ein Schmelztemperaturbestimmungsröhrchen wird etwa 0,5 cm hoch mit der Substanz gefüllt und in die entsprechende Bohrung des Heizblocks (Abb. 1) eingeführt.
2. Nun ist der Heizblock vorsichtig zu erwärmen, so daß die Temperatur nur langsam steigt. Beobachten Sie die Substanz im Schmelztemperaturbestimmungsröhrchen! Wenn diese glasig wird, ist die Schmelztemperatur erreicht.

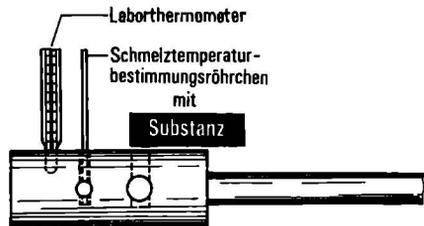


Abb. 1

## Auswertung

1. Vergleichen Sie die ermittelten Werte mit den Tabellenwerten (TW 11/12)! Welche Fehlerquellen wirkten sich auf das experimentelle Ergebnis aus?
2. Warum wird Hart-PVC im Gegensatz zum Harnstoff beziehungsweise zur Oktadekansäure beim Erwärmen weich und nicht flüssig?
3. Welche praktische Bedeutung hat das Erweichen von Hart-PVC beim Erwärmen?

## Aufgabe

Ermitteln Sie das Verhalten von Weich-PVC beim Erwärmen mit Methanol!

## Vorüberlegung

1. Warum weisen Hart-PVC und Weich-PVC unterschiedliche Eigenschaften auf?
2. Welche Arbeitsschutzmaßnahmen sind beim Arbeiten mit Methanol zu berücksichtigen?

## Geräte und Chemikalien

Rundkolben (25 cm<sup>3</sup>)  
Halbmikro-Kühler

Weich-PVC, vorbehandelt mit Methanol  
Methanol (Vorsicht, Gift 2, Gefahrklasse B !!)

## Durchführung

### Schüler A

1. Ein Streifen Weich-PVC wird in den Rundkolben mit Methanol gegeben und mit aufgesetztem Halbmikro-Kühler vorsichtig zum Sieden erhitzt.
2. Der Rundkolben ist nun vom Halbmikro-Kühler zu trennen und mit einem Stopfen zu verschließen. Dann wird das Stoffgemisch 30 min lang geschüttelt. Das Methanol ist danach abzugießen.

### Schüler B

3. Die Tätigkeiten 1 und 2 werden mit frischem Methanol wiederholt.
4. Schließlich ist das behandelte PVC mit Wasser abzuspülen und zwischen Filterpapier abzutrocknen.
5. Prüfen Sie die Härte des behandelten Streifens und die Härte eines unbehandelten Streifens Weich-PVC!

## Auswertung

1. Erklären Sie den beobachteten Sachverhalt!
2. Welche Konsequenz ergibt sich aus dem ermittelten Verhalten für die Verwendung von Weich-PVC?

# Verhalten von Eiweißlösung beim Erhitzen und bei Zugabe von Chemikalien

9

## Aufgabe

Ermitteln Sie das Verhalten von Eiweißlösung  
beim Erhitzen,  
bei Zusatz von Äthanol (Vorsicht, Gefahrklasse B 1!),  
bei Zusatz verdünnter Salpetersäure,  
bei Zusatz von Natriumhydroxidlösung und verdünnter Kupfer(II)-sulfatlösung  
(Vorsicht, Gift 2!)!

## Vorüberlegung

1. Was sind Proteine?
2. Erläutern Sie die Primärstruktur, Sekundärstruktur und Tertiärstruktur der Proteine!
3. Wie werden Sie vorgehen, um die gestellten Aufgaben zu lösen? Formulieren Sie die Beobachtungsaufgaben!
4. Welche Arbeitsschutzmaßnahmen müssen Sie beachten?  
Wie verhalten Sie sich bei Schädigungen durch Chemikalien (ChiÜb, S. 132)?

## Durchführung

Führen Sie die Experimente auf der Grundlage Ihrer eigenen Planung durch! Berücksichtigen Sie die Beobachtungsaufgaben!

## Auswertung

Erklären Sie die ermittelten Sachverhalte (LB 11)!

# Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

## Bestimmung der molaren Neutralisationsenthalpie **10**

### Aufgabe

Bestimmen Sie die molare Reaktionsenthalpie für die Neutralisation von Chlorwasserstoffsäure mit Natriumhydroxidlösung!

### Vorüberlegung

1. Die molare Reaktionsenthalpie kann kalorimetrisch ermittelt werden. Beschreiben Sie dieses Verfahren! Beziehen Sie in Ihre Ausführungen auch die theoretischen Grundlagen ein!
2. Lesen Sie die Beschreibung der Durchführung des Experiments zur Bestimmung der Neutralisationsenthalpie gewissenhaft durch! Begründen Sie die einzelnen Schritte dieser Durchführung! Welche Arbeitsschutzmaßnahmen sind beim Umgang mit Säurelösungen und Hydroxidlösungen erforderlich?
3. Welche Meßgrößen sind zu erfassen?
4. Bereiten Sie ein Meßprotokoll vor, in das Sie die Meßgrößen von zwei kalorimetrischen Bestimmungen eintragen können!

### Geräte und Chemikalien

2 ineinandergestellte Becher, zwischen denen sich Schaumstoff befindet	Chlorwasserstoffsäure (in 1 l Lösung ist 1 mol Chlorwasserstoff enthalten)
2 Meßzylinder (50 cm <sup>3</sup> )	Natriumhydroxidlösung (in 1 l Lösung ist 1 mol Natriumhydroxid enthalten)
Glasstab	
Laborthermometer	

### Durchführung

Schüler A

1. In je einem Meßzylinder werden 50 ml Chlorwasserstoffsäure und 50 ml Natriumhydroxidlösung so lange in Leitungswasser gestellt, bis die Lösungen eine Temperatur von 3 °C unter Zimmertemperatur erreicht haben.
2. Die Natriumhydroxidlösung ist in den kleinen Becher zu füllen, ein Laborthermometer in die Lösung zu bringen und Konstanz der Temperatur abzuwarten. Notieren Sie die Temperatur!

3. Die Temperatur der Chlorwasserstoffsäure wird auf die Temperatur der Natriumhydroxidlösung eingestellt!
4. Gießen Sie nun die Chlorwasserstoffsäure in die Natriumhydroxidlösung! Das Stoffgemisch ist ständig zu rühren. Beobachten Sie die Thermometersäule und lesen Sie die Temperatur dann ab, wenn diese konstant bleibt! Notieren Sie die Temperatur!

Schüler B

5. Führen Sie die kalorimetrische Bestimmung durch! Tragen Sie das Ergebnis in das Meßprotokoll ein!

### **Auswertung**

5

1. Berechnen Sie aus den Meßgrößen die molare Reaktionsenthalpie für die Neutralisation von Chlorwasserstoffsäure mit Natriumhydroxidlösung!
2. Vergleichen Sie den von Ihnen ermittelten Wert mit dem Tabellenwert (LB 12)! Erklären Sie den Unterschied!

# Chemisches Gleichgewicht

## Einfluß eines gleichionigen Zusatzes auf ein Protolysegleichgewicht sowie Darstellung und Untersuchung einer Pufferlösung

11

### Aufgabe

Untersuchen Sie den Einfluß von Natriumazetatlösung auf den pH-Wert von Äthansäure sowie von Natriumhydroxidlösung und Chlorwasserstoffsäure auf den pH-Wert einer Äthansäure-Natriumazetat-Lösung!

### Vorüberlegung

1. Entwickeln Sie für das Protolysegleichgewicht der Äthansäure die chemische Gleichung und die Gleichung des Massenwirkungsgesetzes!
2. Formulieren Sie eine Aussage über die Stärke der Äthansäure! Begründen Sie Ihre Aussage!
3. Wie verändert sich das Protolysegleichgewicht der Äthansäure bei Zusatz von Azetat-Ionen? Begründen Sie Ihre Aussage! Welchen Einfluß hat der Zusatz von Azetat-Ionen zur Äthansäure auf den pH-Wert der Lösung?
4. Fertigen Sie in Ihrem Arbeitsheft die folgende Tabelle an, und tragen Sie die Ergebnisse der Experimente ein!

Nr. des Arbeitsschrittes	Lösung	pH-Wert	
1	Äthansäure		
2	Äthansäure-Natriumazetat-Lösung		
4	Äthansäure-Natriumazetat-Lösung + 1 Tropfen Natriumhydroxidlösung		Arbeitsschritt 6 Weiterer Zusatz von Natriumhydroxidlösung Anzahl Tropfen:

Nr. des Arbeitsschrittes	Lösung	pH-Wert	
4	Äthansäure-Natriumazetat-Lösung + 1 Tropfen Chlorwasserstoffsäure		Arbeitsschritt 6 Weiterer Zusatz von Chlorwasserstoffsäure Anzahl Tropfen:
5	Wasser + 1 Tropfen Natriumhydroxidlösung		
5	Wasser + 1 Tropfen Chlorwasserstoffsäure		

### Geräte und Chemikalien

4 Halbmikro-Reagenzgläser  
Meßzylinder (10 cm<sup>3</sup>)

1 M Äthansäure  
1 M Natriumazetatlösung  
1 M Chlorwasserstoffsäure  
1 M Natriumhydroxidlösung  
Unitestpapier

### Durchführung

#### Schüler A

- Bestimmen Sie den pH-Wert der Äthansäure!
- Fügen Sie zu 2 ml Äthansäure 2 ml Natriumazetatlösung hinzu! Bestimmen Sie erneut den pH-Wert!
- Verteilen Sie das Gemisch aus Äthansäure und Natriumazetatlösung auf 2 Reagenzgläser, so daß jeweils 2 ml vorliegen!
- Zu je einer Probe dieser Lösung geben Sie nun 1 Tropfen der Natriumhydroxidlösung beziehungsweise 1 Tropfen der Chlorwasserstoffsäure! Bestimmen Sie den pH-Wert!

#### Schüler B

- Fügen Sie auch zu je 2 ml Wasser 1 Tropfen der Natriumhydroxidlösung beziehungsweise Chlorwasserstoffsäure hinzu! Bestimmen Sie den pH-Wert!
- Versetzen Sie die Proben nach Arbeitsschritt 4 weiter tropfenweise mit Natriumhydroxidlösung beziehungsweise Chlorwasserstoffsäure, bis pH-Werte wie im Arbeitsschritt 5 erreicht sind! Zählen Sie die Tropfen!

## Auswertung

1. Vergleichen Sie den pH-Wert der Äthansäure mit dem pH-Wert der Lösung nach Zugabe von Natriumazetat!
2. Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit der entsprechenden Voraussage zur Änderung des pH-Wertes der Äthansäure bei Zugabe von Natriumazetatlösung (Punkt 3 der Vorüberlegung)!
3. Wie groß ist die Änderung des pH-Wertes der Äthansäure-Natriumazetat-Lösung im Vergleich zu der Änderung des pH-Wertes des Wassers bei Zugabe von Natriumhydroxidlösung und Chlorwasserstoffsäure?  
Ziehen Sie auch aus den Ergebnissen des Arbeitsschrittes 6 Schlußfolgerungen bezüglich der Eigenschaften dieser Lösung bei Zugabe von Natriumhydroxidlösung und Chlorwasserstoffsäure!
4. Erklären Sie die Eigenschaften der Äthansäure-Natriumazetat-Lösung bei Zugabe von Natriumhydroxidlösung und Chlorwasserstoffsäure!

## Neutralisationsanalyse

12

### Aufgabe

Bestimmen Sie Stoffmenge und Masse des Natriumhydroxids in einer Lösung durch Titration mit 0,1 M Chlorwasserstoffsäure!

### Vorüberlegung

1. Bei der quantitativen Analyse der Natriumhydroxidlösung durch Neutralisation wird mit Meßkolben, Vollpipette und Bürette gearbeitet.  
Beschreiben Sie die einzelnen Geräte!
2. Was ist eine Maßlösung?
3. Welchen Indikator wählen Sie für diese Analyse?  
Begründen Sie Ihre Entscheidung!
4. Warum werden bei der Neutralisationsanalyse nur wenige Tropfen Indikatorlösung zugesetzt?
5. Warum muß ein zu starkes Verdünnen der Natriumhydroxidlösung verhindert werden?
6. Warum soll in der Nähe des Äquivalenzpunktes besonders wenig Maßlösung zur Natriumhydroxidlösung gegeben werden?  
Woran ist die Nähe des Äquivalenzpunktes zu erkennen?
7. Übernehmen Sie das folgende Meßprotokoll in Ihr Heft!  
Natriumhydroxidlösung  $V =$   
(im Meßkolben)  
Maßlösung : 0,1 M Chlorwasserstoffsäure  
Indikator :

Proben-Nummer	Pipettiertes Volumen Natriumhydroxidlösung in ml	Verbrauch an 0,1 M Chlorwasserstoffsäure
1		
2		
3		
4		

## Geräte und Chemikalien

Meßkolben (100 cm<sup>3</sup>)

Vollpipette (10 cm<sup>3</sup> oder 20 cm<sup>3</sup>)

Bürette (25 cm<sup>3</sup> oder 50 cm<sup>3</sup>)

Erlenmeyerkolben (300 cm<sup>3</sup>, weithalsig)

Trichter

destilliertes Wasser

Indikatorlösung

0,1 M Chlorwasserstoffsäure

Natriumhydroxidlösung

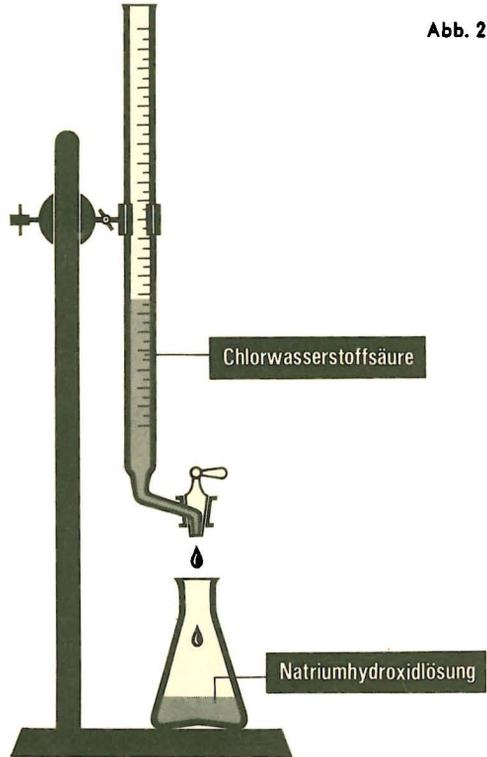
## Durchführung

Schüler A:

- Füllen Sie den Meßkolben mit der zu untersuchenden Natriumhydroxidlösung bis zur Eichmarke mit destilliertem Wasser auf! Mischen Sie die Lösung durch mehrmaliges Umschwenken!
- Entnehmen Sie dem Meßkolben eine Probe der Lösung!  
Benutzen Sie dazu eine Pipette mit aufgesetztem Schlauch! Vorsicht! Mit dem Mund dürfen nur Wasser, stark verdünnte Säuren und Hydroxidlösungen angesaugt werden! Beim Ansaugen muß die Spitze der Pipette immer in der Flüssigkeit bleiben. Der Flüssigkeitsspiegel in der Pipette soll nach dem Einsaugen einige Millimeter über der Eichmarke liegen. Erst dann wird der Schlauch zusammengedrückt. Wenn Sie die Eichmarke in Augenhöhe gebracht haben, lassen Sie durch leichtes Vermindern des Druckes der Finger am Schlauch so viel Lösung zurückfließen, bis der untere Rand des Flüssigkeitsspiegels die Eichmarke erreicht hat.
- Überführen Sie die Natriumhydroxidlösung in einen Erlenmeyerkolben!  
Halten Sie während des Auslaufens die Pipettenspitze gegen die Glaswand des Erlenmeyerkolbens! Die zurückbleibende Lösung in der Pipettenspitze wird nicht ausgeblasen.
- Versetzen Sie die Probe mit 2 bis 3 Tropfen Indikatorlösung! Spülen Sie die Wand des Erlenmeyerkolbens mit wenig destilliertem Wasser ab!
- Füllen Sie die Chlorwasserstoffsäure in die Bürette (Abb. 2, S. 24)! Achten Sie darauf, daß die Hahnspitze mit Lösung gefüllt ist und keine Luftblasen von der Chlorwasserstoffsäure eingeschlossen sind! Lassen Sie deshalb etwas Chlorwasserstoffsäure aus der Bürette austropfen!

6. Lesen Sie den Stand der Maßlösung in der Bürette ab!
7. Lassen Sie nun die Chlorwasserstoffsäure unter Schwenken des Erlenmeyerkolbens langsam bis zum Farbumschlag des Indikators zur Natriumhydroxidlösung tropfen! Die Wand des Erlenmeyerkolbens ist mehrmals mit wenig destilliertem Wasser abzuspülen!
8. Lesen Sie wiederum den Büretenstand ab! Tragen Sie den Wert des Volumens verbrauchter Chlorwasserstoffsäure in das Meßprotokoll ein!

Abb. 2



Schüler B

9. Führen Sie die Arbeitsschritte 2 ... 8 ebenfalls durch! Notieren Sie die Ergebnisse!

Schüler A und Schüler B

10. Führen Sie nochmals eine Bestimmung durch!

### Auswertung

1. Berechnen Sie den Mittelwert des Volumens verbrauchter Maßlösung!
2. Berechnen Sie die Stoffmenge und die Masse des Natriumhydroxids, die sich in 100 ml Lösung befanden!  
Beachten Sie, daß jeweils nur ein bestimmter Anteil des Volumens titriert worden ist!

# Praktikum

## Redoxreaktion

13

### Aufgaben

Führen Sie die Reaktion von Mangan(II)-sulfat mit Kaliumnitrat unter Zusatz von Natriumkarbonat und die Reaktion von angesäuertes Kaliumdichromatlösung mit Kaliumsulfidlösung durch!

### Vorüberlegung

1. Entwickeln Sie die Elektronenkonfiguration von Atomen der Elemente Mangan, Stickstoff, Chrom und Schwefel!
2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Elektronenkonfiguration in den Atomen und der höchsten Oxydationszahl von Haupt- und Nebengruppenelementen?
3. Erklären Sie die angeführten Oxydationszahlen der Elemente:  
Mangan + 2, + 4, + 6, + 7,  
Stickstoff + 3, + 5,  
Chrom + 3, + 6,  
Schwefel + 4, + 6.
4. Bestimmen Sie die Oxydationszahlen der Elemente in den Ausgangsstoffen der durchzuführenden chemischen Reaktionen!

### Geräte und Chemikalien

Porzellanschalen  
oder Magnesiumrinne  
Tiegelzange  
Mörser mit Pistill  
Halbmikro-Reagenzglas

Mangan(II)-sulfat  
Natriumkarbonat (wasserfrei)  
Kaliumnitrat  
Kaliumdichromatlösung (Vorsicht, Gift 2!)  
verdünnte Schwefelsäure  
Kaliumsulfidlösung

### Durchführung

#### Schüler A

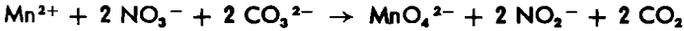
1. Eine Spatelspitze Mangan(II)-sulfat wird mit 6 Spatelspitzen eines Gemisches aus wasserfreiem Natriumkarbonat und Kaliumnitrat im Mörser fein verrieben und auf einem Porzellanschalen oder einer Magnesiumrinne verschmolzen.  
Achtung! Schutzbrille tragen! Beobachten Sie die Schmelze!

Schüler B

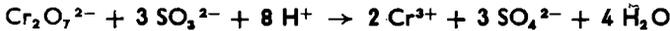
2. Geben Sie zu einer mit Schwefelsäure angesäuerten Kaliumdichromatlösung Kaliumsulfatlösung! Beobachten Sie die Kaliumdichromatlösung!

### Auswertung

Die chemischen Gleichungen für die beiden Redoxreaktionen lauten:



Die Farbe der Schmelze ist auf die Bildung von Manganat-Ionen  $\text{MnO}_4^{2-}$  zurückzuführen.



1. Bestimmen Sie die Oxydationszahlen der Elemente in den Reaktionsprodukten der durchgeführten chemischen Reaktionen!
2. Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die korrespondierenden Redoxpaare in Ionenschreibweise!
3. Benennen Sie die korrespondierenden Redoxpaare!
4. Beweisen Sie, daß die von Ihnen aufgestellten chemischen Gleichungen Oxydation und Reduktion angeben!

## Säure-Base-Reaktion

14

### Aufgabe

Bestimmen Sie Stoffmenge und Masse des Natriumhydroxids in einer Lösung durch Titration mit 0,1 M Chlorwasserstoffsäure!

### Vorüberlegung

Beantworten Sie Fragen zur Durchführung des Experiments!

1. Warum ist eine Lösung für die Maßanalyse nicht mehr geeignet, wenn versehentlich destilliertes Wasser bis über die Ringmarke des Meßkolbens eingefüllt worden ist?
2. Wieso können Reste destillierten Wassers in der Bürette und der Pipette die Meßergebnisse verfälschen?  
Nennen Sie weitere Fehlerquellen! Welche Konsequenzen ergeben sich für die Durchführung der Neutralisationsanalyse?
3. Welche Arbeitsschutzmaßnahmen müssen Sie ergreifen, wenn Sie die Natriumhydroxidlösung mit dem Mund aus dem Meßkolben in die Vollpipette saugen?
4. Begründen Sie die getroffene Wahl des Indikators!
5. Warum muß der Erlenmeyerkolben mit der Natriumhydroxidlösung während der Titration ständig geschwenkt werden?

## Durchführung

Die Durchführung erfolgt nach den Arbeitsschritten des Experimentes 12, Seite 22. Schüler A und Schüler B haben je zwei Bestimmungen vorzunehmen.

## Auswertung

1. Berechnen Sie Stoffmenge und Masse des Natriumhydroxids, die sich in 100 ml Lösung befanden!
2. Der Lehrer teilt Ihnen den genauen Betrag der Stoffmenge des Natriumhydroxids mit. Vergleichen Sie den von Ihnen ermittelten Betrag mit dem angegebenen Betrag! Erklären Sie bestehende Unterschiede!

## Substitutionsreaktion

# 15

### Aufgabe

Überprüfen Sie experimentell die Zulässigkeit folgender Aussage: Die Reaktion von Toluol mit Brom ist unter bestimmten Bedingungen eine Substitutionsreaktion!

### Vorüberlegung

1. Entwickeln Sie die chemische Gleichung für den Fall, daß die Aussage zutrifft!
2. Leiten Sie eine experimentell überprüfbare Folgerung aus der getroffenen Aussage ab!
3. Stellen Sie sich selbst Beobachtungsaufgaben!

### Durchführung

Zu 0,5 ml Toluol (Vorsicht, Gefahrklasse A II!) sind 10 Tropfen einer 10%igen Lösung von Brom in Tetrachlormethan (Vorsicht, Gift 2!) zu geben. Nach etwa 1 min wird das Stoffgemisch vorsichtig erwärmt und über die Öffnung des Reagenzglases angefeuchtetes blaues Lackmuspapier gehalten. Berücksichtigen Sie die Beobachtungsaufgaben!

### Auswertung

Beurteilen Sie die Gültigkeit der obenstehenden Aussage!

## Additionsreaktion

### Aufgabe

Es wird behauptet, daß viele Vergaserkraftstoffe (Vorsicht, Gift 2!) Kohlenwasserstoffe mit Mehrfachbindungen in den Molekülen enthalten. Prüfen Sie unter Anwendung der experimentellen Methode die Zulässigkeit dieser Aussage.

### Vorüberlegung

Welche Reaktion wird für den Nachweis von Mehrfachbindungen in den Molekülen von Kohlenwasserstoffen genutzt? Berücksichtigen Sie, daß Kohlenwasserstoffe auch Substitutionsreaktion zeigen! Wie können Sie entscheiden, ob die von Ihnen erwartete Reaktion oder eine Substitutionsreaktion abgelaufen ist?

### Durchführung

Schüler A und Schüler B

Führen Sie jeweils ein Experiment mit unterschiedlichen Proben unter Berücksichtigung der selbst formulierten Beobachtungsaufgabe durch!

### Auswertung

1. Beurteilen Sie die Zulässigkeit der oben stehenden Aussage!
2. Entwickeln Sie die chemische Gleichung für die Nachweisreaktion eines ungesättigten Kohlenwasserstoffs, der im Vergaserkraftstoff enthalten sein könnte!

## Eliminierungsreaktion

### Aufgabe

Dehydrieren Sie Äthanol über erhitztem Kupfer!

### Vorüberlegung

1. Entwickeln Sie die chemische Gleichung für die Dehydrierung des Äthanol!
2. Begründen Sie die Zuordnung der Dehydrierung des Äthanol zur Eliminierungsreaktion!
3. Welches Volumen Wasserstoff (Normzustand) entsteht bei der Dehydrierung von 6 g 95%igem Äthanol?

4. Was muß bei der Durchführung des Experiments zu beobachten sein?
5. Stellen Sie sich selbst Beobachtungsaufgaben!
6. Welche Arbeitsschutzmaßnahmen sind zu treffen?

## Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reaktionskolben  
 Halbmikro-Verbrennungsrohr  
 2 Halbmikro-Gaswäscher  
 2 Ausgleichsrohre  
 8 Halbmikro-Reagenzgläser  
 Kristallisierschale

Äthanol (Vorsicht, Gefahrklasse B I !)  
 trockener Sand  
 Kupfer (Draht)  
 ammoniakalische Silbernitratlösung  
 (Vorsicht, Gift 2 !)  
 fuchsinchweflige Säure

## Durchführung

Schüler A

1. Die Apparatur (Abb. 3) wird aufgebaut.

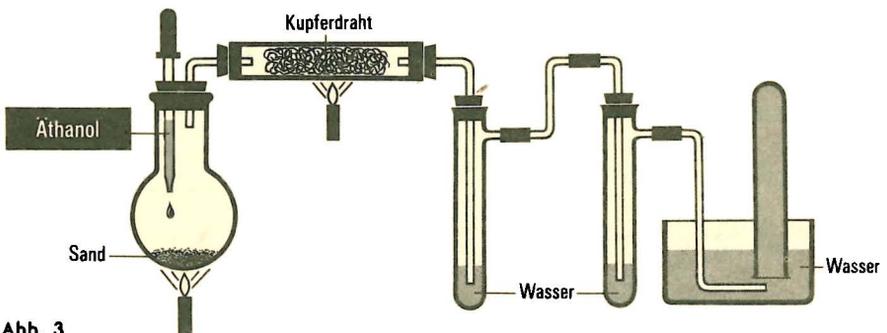


Abb. 3

Schüler A und Schüler B

2. Das Kupfer ist nun zunächst vorsichtig, dann stark zu erhitzen.
3. Durch Befächeln mit einer zweiten Flamme wird das Äthanol im Reaktionskolben verdampft. Es ist auf eine kontinuierliche, nicht zu stürmische Gasentwicklung zu achten.
4. Das Gas wird etwa 1 min nach Einsetzen der Gasentwicklung pneumatisch in 3 Reagenzgläsern aufgefangen.
5. Der Abbruch des Experiments erfolgt, indem der Stopfen rechts am Verbrennungsrohr gelöst und danach das Erhitzen eingestellt wird.

Schüler B

6. Weisen Sie nach, daß bei der abgelaufenen chemischen Reaktion ein Alkanal und Wasserstoff entstanden sind!

## Auswertung

1. Vergleichen Sie die ermittelten Beobachtungsergebnisse mit den Ergebnissen von Punkt 4 der Vorüberlegungen!
2. Entwickeln Sie die chemische Gleichung für den Nachweis von Wasserstoff!

## Bestimmung der molaren Neutralisationsenthalpie

18

### Aufgabe

Bestimmen Sie die molare Reaktionsenthalpie für die Neutralisation von Salpetersäure mit Natriumhydroxidlösung!

### Vorüberlegung

1. Kennzeichnen Sie das Wesen der chemischen Reaktion von Salpetersäure mit Natriumhydroxidlösung!
2. Welcher Art chemischer Systeme ordnen Sie das System zu, das bei diesem Experiment vorliegt? Begründen Sie Ihre Entscheidung!
3. Welche Arbeitsschutzmaßnahmen sind beim Arbeiten mit Säuren und Hydroxidlösungen zu berücksichtigen?

### Durchführung

Führen Sie dieses Experiment nach den Arbeitsschritten des Experimentes 10, Seite 18, durch!

Die Schüler A und B nehmen mindestens je eine Bestimmung vor.

### Auswertung

1. Berechnen Sie die molare Reaktionsenthalpie der Neutralisation von Salpetersäure mit Natriumhydroxidlösung!
2. Vergleichen Sie die ermittelte molare Reaktionsenthalpie der Reaktion von Salpetersäure mit Natriumhydroxidlösung mit der molaren Reaktionsenthalpie der Reaktion von Chlorwasserstoffsäure mit Natriumhydroxidlösung!
3. Warum stimmen die molaren Reaktionsenthalpien für die beiden angegebenen Neutralisationen weitgehend überein?
4. Welchen Betrag wird die molare Reaktionsenthalpie für die Neutralisation anderer starker Säuren mit anderen starken Basen haben? Begründen Sie Ihre Meinung! Informieren Sie sich über die Zulässigkeit Ihrer Aussage!

5. Die molare Reaktionsenthalpie der Neutralisation von Chlorwasserstoffsäure mit Ammoniaklösung ist bei 291 K

$$\Delta_R H = - 53,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Erklären Sie die Abweichung dieser molaren Reaktionsenthalpie von der molaren Neutralisationsenthalpie

$$\Delta_R H = - 57,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}!$$

## Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration

19

### Aufgabe

Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration bei der Reaktion von Oxalsäurelösung mit Kaliumpermanganatlösung!

### Vorüberlegung

1. Wie wird sich die Erhöhung der Konzentration der Oxalsäurelösung auf die Reaktionsgeschwindigkeit der chemischen Reaktion von Oxalsäurelösung mit Kaliumpermanganatlösung in Gegenwart von Schwefelsäure auswirken?



Begründen Sie Ihre Aussage!

2. Bereiten Sie das Meßprotokoll vor!

### Geräte und Chemikalien

3 Halbmikro-Reagenzgläser  
Meßzylinder (10 cm<sup>3</sup>)  
Glasstab  
Tropfpipette  
Stoppuhr oder Taschenuhr  
mit Sekundenzeiger

0,75 M Oxalsäurelösung (Vorsicht, Gift 2!),  
mit Schwefelsäure angesäuert  
0,2 M Kaliumpermanganatlösung  
destilliertes Wasser

### Durchführung

Schüler A

- In die Reagenzgläser 1, 2, 3 werden 5 ml, 2,5 ml und 1,5 ml Oxalsäurelösung gegeben.
- Die Reagenzgläser 2 und 3 sind mit destilliertem Wasser auf ein Volumen von jeweils 5 ml aufzufüllen.

Schüler A und Schüler B

3. Die Lösung in jedem Reagenzglas wird nun mit jeweils 2 Tropfen Kaliumpermanganatlösung versetzt, gerührt und die Zeit von der Zugabe der Kaliumpermanganatlösung bis zum Verschwinden der violetten Farbe gemessen. Tragen Sie die jeweils gemessene Zeit in das vorbereitete Meßprotokoll ein!

### Auswertung

1. Vergleichen Sie die Konzentrationen der Oxalsäurelösungen in den 3 Reagenzgläsern! Vergleichen Sie die gemessenen Reaktionszeiten!
2. Formulieren Sie eine Aussage über die Beziehung zwischen Reaktionszeit und Konzentration für die untersuchte chemische Reaktion!
3. Formulieren Sie eine Aussage über die Beziehung zwischen Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration für die untersuchte chemische Reaktion! Vergleichen Sie diese Aussage mit der Aussage zu Punkt 1 der Vorüberlegung!

## Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit vom Katalysator

20

### Aufgabe

Untersuchen Sie den Einfluß von Mangan(II)-sulfat auf die Reaktionsgeschwindigkeit der chemischen Reaktion von Oxalsäurelösung mit Kaliumpermanganatlösung!

### Geräte und Chemikalien

2 Halbmikro-Reagenzgläser  
Meßzylinder (10 cm<sup>3</sup>)  
Tropfpipette  
Glasstab  
Stoppuhr oder Taschenuhr  
mit Sekundenzeiger

0,75 M Oxalsäurelösung (Vorsicht, Gift 2!),  
mit Schwefelsäure angesäuert  
0,2 M Kaliumpermanganatlösung  
0,1 M Mangan(II)-sulfatlösung  
destilliertes Wasser

### Durchführung

Schüler A

1. Geben Sie in ein Reagenzglas 2,5 ml Oxalsäurelösung und füllen Sie mit destilliertem Wasser auf 5 ml auf!
2. Fügen Sie der Oxalsäurelösung 2 Tropfen Kaliumpermanganatlösung hinzu, rühren Sie und messen Sie die Zeit bis zum Verschwinden der violetten Farbe!

Schüler B

3. Führen Sie die Arbeitsschritte 1 und 2 unter zusätzlicher Verwendung von 3 Tropfen Mangan(II)-sulfatlösung durch!

### Auswertung

1. Welchen Einfluß hat Mangan(II)-sulfat auf die Reaktionszeit der chemischen Reaktion von Oxalsäurelösung mit Kaliumpermanganatlösung?
2. Formulieren Sie eine Aussage über die Reaktionsgeschwindigkeit der untersuchten chemischen Reaktion bei Anwesenheit von Mangan(II)-sulfat!

## Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur

21

### Aufgabe

Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur bei der Reaktion von Oxalsäurelösung mit Kaliumpermanganatlösung!

### Vorüberlegung

1. Wie wird sich die Temperaturerhöhung auf die Reaktionsgeschwindigkeit der Redoxreaktion von Oxalsäurelösung mit Kaliumpermanganatlösung auswirken? Begründen Sie Ihre Aussage!
2. Bereiten Sie ein Meßprotokoll vor!

### Geräte und Chemikalien

4 Halbmikro-Reagenzgläser

Becher

Drahtnetz

Laborthermometer (0... 100 °C)

Glasstab

Stoppuhr oder Taschenuhr mit Sekundenzeiger

Meßzylinder (10 cm<sup>3</sup>)

Tropfpipette

0,75 M Oxalsäurelösung (Vorsicht, Gift 2!),

mit Schwefelsäure angesäuert

0,2 M Kaliumpermanganatlösung

destilliertes Wasser

## Durchführung

### Schüler A

1. Geben Sie in ein Reagenzglas 2,5 ml Oxalsäurelösung und füllen Sie mit destilliertem Wasser auf 5 ml auf!
2. Stellen Sie dieses Reagenzglas sowie ein zweites Reagenzglas mit Kaliumpermanganatlösung in ein Wasserbad und temperieren Sie diese Lösungen auf 20 °C!
3. Fügen Sie nun 2 Tropfen Kaliumpermanganatlösung der Oxalsäurelösung hinzu, rühren Sie und messen Sie die Zeit bis zur Entfärbung der Lösung!

### Schüler B

4. Führen Sie die Arbeitsschritte 1, 2, 3 bei Temperaturen von 40 °C und 60 °C durch!

## Auswertung

1. Formulieren Sie eine Aussage über die Beziehung zwischen Reaktionszeit und Temperatur für die durchgeführte chemische Reaktion!
2. Formulieren Sie eine Aussage über die Beziehung zwischen Reaktionsgeschwindigkeit und Temperatur für die untersuchte chemische Reaktion! Vergleichen Sie diese Aussage mit der Aussage von Punkt 1 der Vorüberlegung!

## Einstellung des chemischen Gleichgewichts

22

### Aufgabe

Weisen Sie experimentell die Zulässigkeit folgender Aussage nach: Bei der chemischen Reaktion von Propan-1-ol mit Propansäure stellt sich ein chemisches Gleichgewicht ein!

### Vorüberlegung

1. Entwickeln Sie die chemische Gleichung für die Veresterung von Propan-1-ol mit Propansäure!
2. Lesen Sie die Beschreibung der Durchführung des Experiments und beantworten Sie folgende Fragen:  
Warum soll das Erwärmen der Ausgangslösungen im Wasserbad und nicht über der Flamme des Brenners erfolgen?  
Warum wird konzentrierte Schwefelsäure bei der Durchführung dieser Reaktion benutzt?  
Warum soll das Stoffgemisch gerührt werden?  
Zu welchem Zweck sollen die Proben in Wasser gegossen werden?

Welche Eigenschaften des Esters sind aus der Tatsache ableitbar, daß sich dieser Stoff auf dem Wasser abscheidet?

Welche Arbeitsschutzmaßnahmen sind beim Umgang mit konzentrierter Schwefelsäure zu beachten?

## Geräte und Chemikalien

12 Halbmikro-Reagenzgläser

Becher

Laborthermometer (0 ... 100 °C)

Drahtnetz

Meßzylinder (25 cm<sup>3</sup>)

Meßzylinder (10 cm<sup>3</sup>)

Glasstab

Stoppuhr oder Taschenuhr mit Sekundenzeiger

Propan-1-ol

Propansäure

konzentrierte Schwefelsäure (Vorsicht, Gift 2!)

## Durchführung

Schüler A

1. In einem Wasserbad von 60 °C werden folgende Proben temperiert:  
4 Reagenzgläser mit je 1 ml Propan-1-ol,  
4 Reagenzgläser mit je 1 ml Propansäure und  
4 Reagenzgläser mit je 0,3 ml konzentrierter Schwefelsäure.
2. Vereinigen Sie nun 1 ml Propan-1-ol, 1 ml Propansäure und 0,3 ml konzentrierte Schwefelsäure, gießen Sie das Stoffgemisch sofort in einen Meßzylinder mit 20 ml Wasser und rühren Sie um! Prüfen Sie, ob sich eine Esterschicht auf dem Wasser abscheidet!

Schüler A und Schüler B

3. Vereinigen Sie die anderen auf 60 °C temperierten Proben so, daß jeweils 1 ml Propan-1-ol, 1 ml Propansäure und 0,3 ml konzentrierte Schwefelsäure im Stoffgemisch vorliegen! Notieren Sie die Uhrzeit der Herstellung dieser Proben! Die Proben werden 30 s, 5 min beziehungsweise 10 min lang im Wasserbad belassen und gerührt.
4. Nach 30 s, 5 min beziehungsweise 10 min werden die Proben in einen Meßzylinder mit 20 ml Wasser gegeben. Nach dem Umrühren ist das Volumen des abgeschiedenen Esters zu messen.

## Auswertung

Werten Sie die Beobachtungsergebnisse unter Berücksichtigung der gestellten Aufgabe aus!

# Einfluß gleichioniger Zusätze auf Protolysegleichgewichte sowie Darstellung und Untersuchung von Pufferlösungen

# 23

## Aufgabe

Prüfen Sie die Wirkung eines Zusatzes von Natriumazetatlösung zu Äthansäure beziehungsweise von Ammoniumchlorid zu Ammoniaklösung auf den pH-Wert der Lösung!

Prüfen Sie die Pufferwirkung einer Äthansäure-Natriumazetat-Lösung sowie einer Ammoniak-Ammoniumchlorid-Lösung!

## Vorüberlegung

1. Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die Protolysegleichgewichte, die in der Äthansäurelösung und in der Ammoniaklösung vorliegen! Formulieren Sie die Gleichung des Massenwirkungsgesetzes!
2. Wie wirkt sich ein Zusatz von Natriumazetatlösung beziehungsweise Ammoniumchlorid zur Äthansäure beziehungsweise Ammoniaklösung auf den pH-Wert dieser Lösungen aus?  
Begründen Sie Ihre Aussagen!
3. Welchen Einfluß hat ein Zusatz von Chlorwasserstoffsäure und Natriumhydroxidlösung auf den pH-Wert einer Äthansäure-Natriumazetat-Lösung und einer Ammoniak-Ammoniumchlorid-Lösung?
4. Bereiten Sie ein Protokoll vor!

## Geräte und Chemikalien

6 Halbmikro-Reagenzgläser  
Meßzylinder (10 cm<sup>3</sup>)

1 M Äthansäure  
1 M Natriumazetatlösung  
verdünnte Ammoniaklösung  
Ammoniumchlorid  
1 M Natriumhydroxidlösung  
1 M Chlorwasserstoffsäure  
Unitestpapier

## Durchführung

### Schüler A

1. Bestimmen Sie den pH-Wert der Äthansäure und der Ammoniaklösung!
2. Fügen Sie zu 2 ml der Äthansäure 2 ml Natriumazetatlösung und zu 4 ml der Ammoniaklösung eine Spatelspitze Ammoniumchlorid hinzu! Bestimmen Sie den pH-Wert! Tragen Sie die Ergebnisse in das Protokoll ein!

### Schüler B

3. Äthansäure-Natriumazetat-Lösung und Ammoniak-Ammoniumchlorid-Lösung werden auf je zwei Reagenzgläser verteilt, so daß jeweils 2 ml dieser Lösungen vorliegen.
4. Prüfen Sie die Pufferwirkung dieser Lösungen! Prüfen Sie zum Vergleich auch die Wirkung der gleichen Zusätze auf den pH-Wert des Wassers (/ Experiment 11., S. 20)! Tragen Sie die Ergebnisse in das Protokoll ein!

## Auswertung

1. Vergleichen Sie die Aussagen über die Beobachtungsergebnisse mit den Aussagen der Vorüberlegung!
2. Erklären Sie die Pufferwirkung der Äthansäure-Natriumazetat-Lösung und der Ammoniak-Ammoniumchlorid-Lösung!

## Nachweis von Ionen

24

### Aufgabe

Prüfen Sie ein Salzgemisch auf Kupfer(II)-Ionen, Eisen(III)-Ionen, Ammonium-Ionen, Chlorid-Ionen, Sulfat-Ionen und Karbonat-Ionen!

### Vorüberlegung

1. Welche Gemeinsamkeit haben die Nachweise
  - a) von Ammonium- und Karbonat-Ionen,
  - b) von Eisen(III)-, Chlorid- und Sulfat-Ionen?
2. Warum muß vor dem Nachweis von Sulfat-Ionen als Bariumsulfat mit Chlorwasserstoffsäure angesäuert werden?
3. Warum muß bei qualitativen Untersuchungen destilliertes Wasser als Lösungsmittel verwendet werden?
4. Welche Arbeitsschutzmaßnahmen sind beim Arbeiten mit Säurelösungen und Hydroxidlösungen zu beachten? Wie verhalten Sie sich bei Verätzungen mit Säurelösungen und Hydroxidlösungen (ChiÜb, S. 130)?

5. Stellen Sie sich selbst vor der Durchführung der Nachweisreaktionen Beobachtungsaufgaben!

6. Übertragen Sie die Tabelle in Ihr Arbeitsheft!

Ionen	Ergebnis des Nachweises
Kupfer(II)-Ionen	
Eisen(III)-Ionen	
Ammonium-Ionen	
Chlorid-Ionen	
Sulfat-Ionen	
Karbonat-Ionen	

### Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reagenzgläser

Halbmikro-Gasentwickler

Salzgemisch

Kalium-hexazyanoferat(II)-Lösung

Ammoniumthiozyanatlösung (Vorsicht, Gift 2!)

Natriumhydroxidlösung (Vorsicht, Gift 2!)

rotes Lackmuspapier

Silbernitratlösung (Vorsicht, Gift 2!)

verdünnte Salpetersäure

Bariumchloridlösung (Vorsicht, Gift 2!)

verdünnte Chlorwasserstoffsäure

Kalziumhydroxidlösung oder Bariumhydroxidlösung (Vorsicht, Gift 2!)

### Durchführung

Die Nachweise für Ammonium-Ionen und Karbonat-Ionen erfolgen mit der festen Analysensubstanz, für die Nachweise von Kupfer(II)-Ionen, Eisen(III)-Ionen, Chlorid-Ionen und Sulfat-Ionen sind Lösungen des Salzgemisches erforderlich. Führen Sie die einzelnen Nachweise auf der Grundlage eigener Planung durch! Tragen Sie die Ergebnisse in das Protokoll ein!

### Auswertung

1. Welche Ionen konnten Sie nachweisen?

2. Entwickeln Sie die chemische Gleichung für den Nachweis der Ionen, die im Salzgemisch enthalten sind!

## Aufgabe

Bestimmen Sie die Masse von Kohlenstoff in einer vorgegebenen Masse von Methanol!

## Vorüberlegung

Lesen Sie die Beschreibung der Durchführung des Experiments! Beantworten Sie folgende Fragen:

1. Warum darf das Methanol beim Einfüllen in das Reagenzglas nicht an der Wand herunterlaufen? Warum muß das Reagenzglas kalt und trocken sein?
2. Weshalb ist das Reagenzglas beim Einfüllen von Kupfer(II)-oxid nur an der Öffnung mit zwei Fingern zu halten?
3. Warum wird erst der obere Teil des Reagenzglases erhitzt und dann mit der Flamme langsam zum Boden vorgerückt?
4. Warum ist der Temperatureausgleich abzuwarten, bevor das Volumen des Kohlendioxids am Kolbenprober abgelesen wird?
5. Übertragen Sie die Tabelle in Ihr Arbeitsheft!

Experiment	Volumen des Kohlendioxids in ml	Zimmertemperatur in K	Luftdruck in kPa
1			
2			

## Geräte und Chemikalien

Reagenzglas  
Kolbenprober  
Meßpipette (0,1 cm<sup>3</sup>)  
Zimmerthermometer  
Barometer

Methanol (Vorsicht, Gift 2, Gefahrklasse B II!)  
Kupfer(II)-oxid

## Durchführung

### Schüler A

1. Mit einer Meßpipette werden 0,1 ml Methanol auf den Boden eines trockenen, kalten Reagenzglases gebracht (nicht an der Wand herunterlaufen lassen).

Achtung! Methanol darf nicht durch Ansaugen mit dem Mund in die Pipette gebracht werden! Die Pipette wird vielmehr durch Eintauchen in Methanol teilweise gefüllt. Die Außenwand der Pipette muß anschließend mit Filterpapier abgetrocknet werden.

2. Das Reagenzglas ist nun rasch mit Kupfer(II)-oxid bis etwa 1,5 cm unter die Öffnung zu füllen. Das Reagenzglas darf dabei nur an der Öffnung mit zwei Fingern gehalten werden.
3. Das gefüllte Reagenzglas wird über ein kurzes Glasrohr mit dem Kolbenprober (Abb. 4) verbunden.

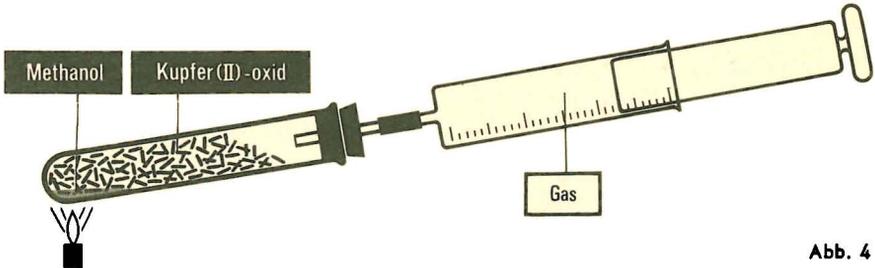


Abb. 4

4. Nun wird zunächst der obere Teil des Kupfer(II)-oxids stark erhitzt und dann mit der Flamme langsam zum Boden des Reagenzglases vorgerückt. Beobachten Sie das Kupfer(II)-oxid sowie den Kolben des Kolbenprobers! Das Erhitzen wird so lange fortgesetzt, bis keine Zunahme des Volumens im Kolbenprober mehr festzustellen ist.  
Ein Festsitzen des Kolbens wird durch vorsichtiges Drehen verhindert.
5. Nach Abkühlung werden das Volumen des Kohlendioxids am Kolbenprober, Zimmertemperatur und Luftdruck festgestellt und notiert.

Schüler B

Führen Sie die Bestimmung (Arbeitsschritte 1 bis 5) ebenfalls durch!

### Auswertung

1. Berechnen Sie die Masse des Methanols aus dem pipettierten Volumen!  
Dichte des Methanols:  $\rho = 0,79 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$  (bei 293 K)
2. Berechnen Sie den Mittelwert des Volumens von Kohlendioxid, sofern Sie mehrere Bestimmungen vorgenommen haben!
3. Berechnen Sie die Masse von Kohlenstoff aus dem Volumen von Kohlendioxid!
4. Vergleichen Sie den experimentell ermittelten Wert mit dem theoretischen Wert!  
Erklären Sie den eventuell bestehenden Unterschied!

# Elektrochemie

## Aufbauen eines Daniell-Elements und Überprüfen der Funktion

26

### Aufgabe

Bauen Sie ein Daniell-Element auf, stellen Sie die Stromrichtung fest und messen Sie die Zellspannung!

### Vorüberlegung

1. Definieren Sie die Begriffe Metall/Metall-Ionen-Elektrode, Standardpotential und elektrochemische Spannungsreihe!
2. Überlegen Sie, wie die Stromrichtung festgestellt werden kann!
3. Stellen Sie Vorschläge zusammen, wie ein elektrischer Kontakt zwischen Elektrolytlösungen erreicht werden kann, ohne daß eine Vermischung der beiden Elektrolytlösungen eintritt!

### Geräte und Chemikalien

2 Tuschflaschen

Spannungsmeßgerät ( $U_G = 0 \dots 1,5 \text{ V}$ )

Baumwollkordel oder Docht

2 Kabel mit Krokodilklemmen

Tropfer

Monozelle

Glasrohr ( $l = 60 \text{ mm}$ ,  $d = 8 \dots 15 \text{ mm}$ )

Spannungsmeßgerät ( $U_G = 0 \dots 1,5 \text{ V}$ )

2 Kabel mit Krokodilklemmen

Monozelle

Stativ mit Bürettenklemme

1 M Kupfer(II)-sulfatlösung (Vorsicht, Gift 2!)

1 M Zinksulfatlösung (Vorsicht, Gift 2!)

1 M Kaliumchloridlösung

Kupfer (Draht  $l = 100 \text{ mm}$ ,  $d = 1 \text{ mm}$  oder Blech  $100 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}$ )

Zink (Draht  $l = 100 \text{ mm}$ ,  $d = 1 \text{ mm}$  oder Blech  $100 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}$ )

Kupfer(II)-sulfatkristall (etwa  $d = 5 \text{ mm}$ ) (Vorsicht, Gift 2!)

1 M Zinksulfatlösung (Vorsicht, Gift 2!)

Kupfer (Draht  $l = 100 \text{ mm}$ ,  $d = 1 \text{ mm}$  oder Blech  $100 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}$ )

Zink (Draht  $l = 100 \text{ mm}$ ,  $d = 1 \text{ mm}$  oder Blech  $100 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm}$ )

### Durchführung

Schüler A

1. Bauen Sie die Apparatur (Abb. 5, S. 42) auf!
2. Schließen Sie ein Spannungsmeßgerät an die Metallelektroden an und geben Sie auf die Baumwollkordel  $5 \dots 10$  Tropfen Kaliumchloridlösung!

- Bestimmen Sie die Stromrichtung im aufgebauten Daniell-Element durch vergleichsweises Anschließen des Spannungsmeßgeräts an eine Monozelle!
- Messen Sie die Zellspannung!

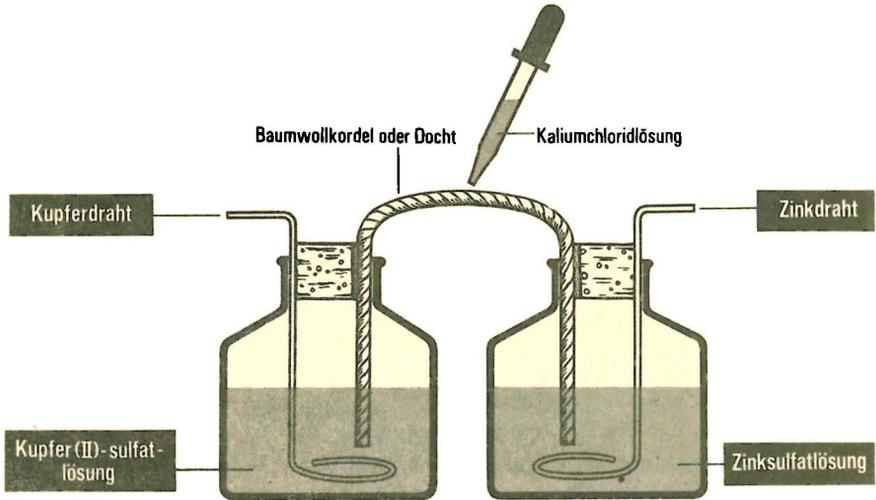
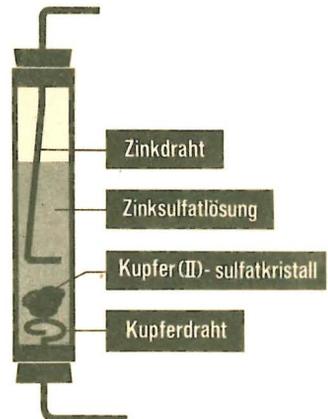


Abb. 5

#### Schüler B

- Bauen Sie die Apparatur (Abb. 6) auf!
- Füllen Sie das Glasrohr zu zwei Dritteln mit Zinksulfatlösung und geben Sie einen Kupfer(II)-sulfatkristall zu!
- Befestigen Sie die Zinkelektrode mit einem Stopfen! Die Zinkelektrode soll so tief eintauchen, daß der Abstand der Elektroden etwa 15 mm beträgt.
- Schließen Sie ein Spannungsmeßgerät an die Metallelektroden an!

Abb. 6



#### Auswertung

- Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen in Ionenschreibweise für die Elektrodenreaktionen und die Zellreaktion!
- Geben Sie in der chemischen Gleichung bei der Zellreaktion die Oxydationszahlen der Elemente an!

- Entscheiden Sie, ob es sich bei den Reaktionen jeweils um eine Oxydations-, Reduktions- oder Redoxreaktion handelt! Begründen Sie Ihre Entscheidung!
- Warum ist die gemessene Spannung kleiner als die Spannung, die sich theoretisch als Differenz der Standardpotentiale der angewandten Metall/Metall-Ionen-Elektroden ergibt (/ LB 12)?
- Woher stammt die elektrische Energie, die einem Daniell-Element entnommen werden kann?

## Elektrochemische Fällung von Metallen aus Salzlösungen

27

### Aufgabe

Stellen Sie an Hand der elektrochemischen Spannungsreihe Voraussagen über die elektrochemische Fällung von Metallen aus Salzlösungen auf! Überprüfen Sie diese Voraussagen durch Experimente!

### Vorüberlegung

- Ordnen Sie die Metalle Blei, Kupfer, Magnesium und Zink in der Reihenfolge der Standardpotentiale der zugehörigen Metall/Metall-Ionen-Elektroden, und schreiben Sie die jeweiligen Standardpotentiale dazu (/ LB 12)!
- Überlegen Sie an Hand der Standardpotentiale, unter welchen Bedingungen beim Eintauchen eines Metalles in eine Metallsalzlösung das Metall gefällt wird!
- Stellen Sie für folgende Experimente Voraussagen auf! Übertragen Sie die Tabelle in Ihr Arbeitsheft!

Experiment	Metall + Salzlösung mit folgenden Kationen	Vorausgesagte Reaktion	Beobachtungsergebnisse
1	Zn + Mg <sup>2+</sup>		
2	Mg + Zn <sup>2+</sup>		
3	Pb + Zn <sup>2+</sup>		
4	Zn + Pb <sup>2+</sup>		
5	Cu + Pb <sup>2+</sup>		
6	Pb + Cu <sup>2+</sup>		
7	Cu + Ag <sup>+</sup>		

## Geräte und Chemikalien

6 Halbmikro-Reagenzgläser  
2 Uhrgläser ( $d = 30$  mm)  
Lupe

0,2 M Magnesiumsulfatlösung  
0,2 M Zinksulfatlösung (Vorsicht, Gift 2!)  
0,2 M Blei(II)-nitratlösung (Vorsicht, Gift 2!)  
0,2 M Kupfer(II)-nitratlösung (Vorsicht, Gift 2!)  
0,1 M Silbernitratlösung (Vorsicht, Gift 2!)  
Ammoniaklösung 25% ig (Vorsicht, Gift 2!)  
Magnesium (Späne)  
Zink (Späne oder Blechstreifen)  
Blei (Späne oder Blechstreifen)  
Kupfer (Draht)

## Durchführung

Schüler A

1. Führen Sie die Experimente 1 bis 6 in Reagenzgläsern aus! Tragen Sie die Beobachtungsergebnisse in die Übersicht ein!

Schüler B

2. Führen Sie Experiment 7 in einem Uhrglas auf einer schwarzen Unterlage aus! Tragen Sie die Beobachtungsergebnisse in die Übersicht ein!
3. Versetzen Sie das Stoffgemisch in Experiment 7 nach 5 min mit einem Überschuß an Ammoniaklösung, und beobachten Sie die eintretende Erscheinung gegen einen weißen Untergrund!

Schüler A und Schüler B

4. Betrachten Sie die Metallniederschläge mit Hilfe einer Lupe!

## Auswertung

1. Formulieren Sie die Ergebnisse der experimentellen Überprüfung der Voraussetzungen!
2. Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die beobachteten Redoxreaktionen!
3. Wodurch erkennen Sie bei Experiment 7, daß Kupfer(II)-Ionen in Lösung gegangen sind? Entwickeln Sie für die Reaktion mit Ammoniak die chemische Gleichung!

## Aufgabe

Führen Sie eine Elektrolyse von Kupfer(II)-chloridlösung mit Kohleelektroden aus! Weisen Sie die entstehenden Reaktionsprodukte nach! Prüfen Sie vor Beginn und nach der Elektrolyse, ob zwischen den Elektroden eine elektrische Spannung feststellbar ist!

## Vorüberlegung

1. Stellen Sie Bestandteile und Teilchenarten in einer verdünnten Kupfer(II)-chloridlösung zusammen!
2. Welche Elektrodenreaktionen erwarten Sie bei der Elektrolyse von Kupfer(II)-chloridlösung mit Kohleelektroden? Begründen Sie Ihre Erwartung!
3. Die Elektrolyse von Kupfer(II)-chloridlösung führt offensichtlich zu einer stofflichen Veränderung der Elektrodenoberflächen. Überlegen Sie, ob nach Abschalten des Stroms zwischen den Elektroden eine Spannung nachweisbar sein müßte!
4. Was ist beim Umgang mit Salpetersäure und Ammoniaklösung zu beachten?

## Geräte und Chemikalien

Trockenrohr, U-Form

Kohleelektroden mit Gummistopfen

Spannungsquelle ( $U_G = 10 \text{ V}$ )

Verstellbarer Widerstand ( $50 \Omega$ ,  $100 \text{ W}$ )

Spannungsmeßgerät ( $U_G = 0 \dots 10 \text{ V}$ )

Strommeßgerät ( $I_G = 0 \dots 500 \text{ mA}$ )

Verbindungsleitungen mit Krokodilklemmen

Tropfer

Halbmikro-Reagenzglas

0,5 M Kupfer(II)-chloridlösung (Vorsicht, Gift 2!)

konzentrierte Salpetersäure (Vorsicht, Gift 2!)

konzentrierte Ammoniaklösung (Vorsicht, Gift 2!)

Kaliumjodid-Stärkepapier

destilliertes Wasser

## Durchführung

Schüler A

1. Bauen Sie die Apparatur (Abb. 7, S. 46) auf!
2. Prüfen Sie, ob zwischen den Elektroden eine Spannung vorhanden ist!
3. Schalten Sie die Spannungsquelle ein, stellen Sie den Widerstand so ein, daß ein Strom von  $100 \dots 200 \text{ mA}$  fließt, und lesen Sie die Spannung ab!

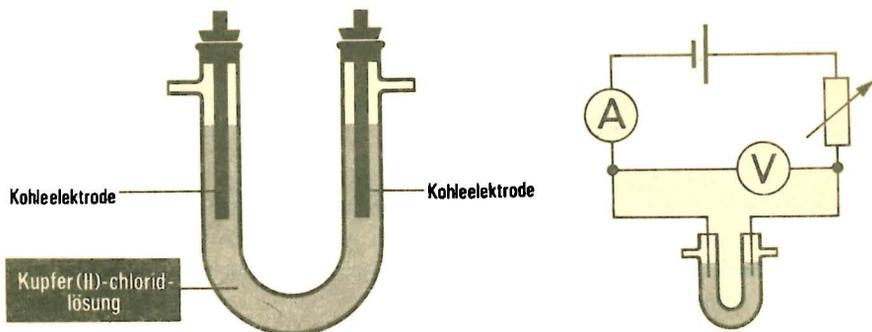


Abb. 7

4. Führen Sie nach 5 min Elektrolysedauer auf der Anodenseite in das Seitenrohr des U-Rohrs ein angefeuchtetes Kaliumjodid-Stärkepapier ein!
5. Schalten Sie die Spannungsquelle ab, und lesen Sie die Spannung ab, die zwischen den Elektroden besteht!

#### Schüler B

6. Nehmen Sie die Katode aus dem U-Rohr, und betrachten Sie diese nach Abspülen mit destilliertem Wasser!
7. Tauchen Sie die Katode in ein Halbmikro-Reagenzglas, das 5 Tropfen konzentrierte Salpetersäure enthält! Vorsicht, konzentrierte Salpetersäure wirkt stark ätzend!
8. Entfernen Sie die Elektrode aus der Salpetersäure und spülen Sie diese über der Reagenzglasöffnung mit etwa 2 ml destilliertem Wasser ab!
9. Geben Sie tropfenweise Ammoniaklösung zu, bis ein entstehender Niederschlag gerade wieder gelöst ist!

#### Auswertung

1. Werten Sie Ihre Vorüberlegung 2 und 3 unter Berücksichtigung Ihrer Beobachtungsergebnisse!
2. Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die Elektrodenreaktionen!
3. Fassen Sie Katoden- und Anodenreaktion in einer chemischen Gleichung zusammen, und setzen Sie die entsprechenden Oxydationszahlen der Elemente ein!
4. Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die ausgeführten Nachweisreaktionen!

# Elektrolyse von verdünnter Schwefelsäure mit Kohlekatode und Konstantananode (Modellexperiment zur elektrolytischen Raffination von Kupfer)

# 29

## Aufgabe

Elektrolysieren Sie verdünnte Schwefelsäure mit einer Kohlekatode und Konstantanode! Analysieren Sie die Elektrolytlösung vor und nach der Elektrolyse und identifizieren Sie das abgeschiedene Metall an der Katode!

## Vorüberlegung

1. Welche Ionen werden voraussichtlich an der Katode entladen, wenn die Lösung in etwa gleicher Konzentration Wasserstoff-Ionen, Nickel(II)-Ionen und Kupfer(II)-Ionen enthält?
2. Entwickeln Sie die chemischen Gleichungen für die Elektrodenreaktionen, die Sie unmittelbar nach Anlegen der elektrischen Spannung an die Elektrolysezelle und nach einigen Minuten in der Elektrolysezelle erwarten!
3. Was ist beim Arbeiten mit Schwefelsäure, Salpetersäure und Ammoniaklösung zu beachten?

## Geräte und Chemikalien

Halbmikro-Reagenzgläser  
Reagenzglas (12 mm · 100 mm)  
Strommeßgerät ( $I_G = 0 \dots 500$  mA)  
Spannungsquelle ( $U_G = 10$  V)  
Verstellbarer Widerstand (50  $\Omega$ , 100 W)  
Tropfer  
Stativ mit Bürettenklemme

2,5 M Schwefelsäure (Vorsicht, Gift 2!)  
konzentrierte Ammoniaklösung (Vorsicht, Gift 2!)  
Diazetyldioximlösung (2%ig, alkoholisch;  
Reagens auf Nickel(II)-Ionen  
konzentrierte Salpetersäure (Vorsicht, Gift 2!)  
Kohlelektrode mit Schlauchstücken als  
Abstandshalter  
Konstantandraht ( $l = 150$  mm,  
aus SEG Physik,  $d = 0,5$  mm)  
Indikatorpapier  
destilliertes Wasser

## Durchführung

Schüler A

1. Bauen Sie die Apparatur (Abb. 8, S. 48) auf!
2. Entnehmen Sie eine Probe der Elektrolytlösung vor Beginn der Elektrolyse und verdünnen Sie diese Probe 1:5 mit destilliertem Wasser, fügen Sie Ammoniak bis zur basischen Reaktion und anschließend 2 Tropfen Diazetyldioximlösung zu!

Bei Anwesenheit von Nickel(II)-Ionen entsteht mit Diazetyldioximlösung ein roter Niederschlag aus Kristallnadeln.

3. Schalten Sie die Spannungsquelle ein, und stellen Sie den Widerstand so ein, daß ein Strom von 100 ... 200 mA fließt!
4. Beobachten Sie die Erscheinungen an den Elektroden und in der Elektrolytlösung und notieren Sie Ihre Beobachtungsergebnisse! Unterbrechen Sie die Elektrolyse, sobald in der Elektrolytlösung eine Färbung zu erkennen ist!

#### Schüler B

5. Entnehmen Sie eine Probe der Elektrolytlösung nach Beendigung der Elektrolyse und verdünnen Sie diese Probe 1 : 5 mit destilliertem Wasser, fügen Sie Ammoniaklösung bis zur basischen Reaktion und 2 Tropfen Diazetyldioximlösung zu!
6. Spülen Sie die Kohlelektrode mit destilliertem Wasser ab und betrachten Sie deren Oberfläche!
7. Halten Sie die Kohlelektrode über die Mündung eines Halbmikro-Reagenzglases, und lassen Sie an der Kohle herab in das Reagenzglas nacheinander 5 Tropfen konzentrierte Salpetersäure und etwa 2 ml destilliertes Wasser laufen! Achtung! Salpetersäure wirkt stark ätzend.
8. Fügen Sie dieser Lösung tropfenweise Ammoniaklösung zu, bis eine entstehende Fällung gerade wieder gelöst ist, und geben Sie anschließend 2 Tropfen Diazetyldioximlösung zu!
9. Stellen Sie die Beobachtungsergebnisse der Analyse der Elektrolytlösung und des Niederschlags auf der Kathode übersichtlich zusammen!

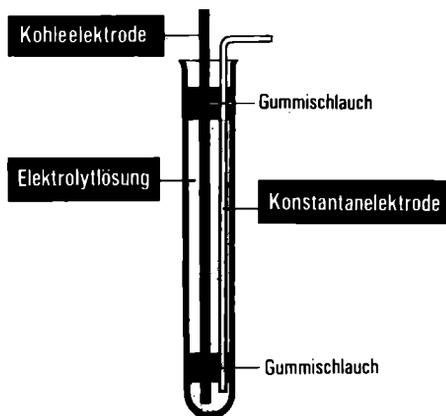


Abb. 8

#### Auswertung

1. Werten Sie Ihre Vorüberlegung 1 und 2 unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Durchführung des Experiments!
2. Erklären Sie mit Hilfe der elektrochemischen Spannungsreihe der Metalle die Beobachtungsergebnisse!
3. Erläutern Sie das Prinzip der elektrolytischen Raffination von Rohkupfer!

# Protokoll eines Experiments

**Aufgabe**

**Literatur**

## Vorüberlegung

Beantworten von Fragen zu den fachlichen Grundlagen des Experiments, Ableiten der Hypothese, Voraussage und experimentell überprüfbarer Folgerung, Planen der Durchführung, Beachten von Gefahrenquellen und Einhalten von Arbeitsschutzvorschriften, Vorbereitung eines Protokolls

## Geräte und Chemikalien

Aufzählen benötigter Geräte und Chemikalien

## Geräteanordnung

Skizze der Apparatur

## Durchführung

Aufzählen ausgeführter Tätigkeiten

## Beobachtungen

Zusammenstellen der Beobachtungsergebnisse

## Auswertung

Vergleichen der Aussagen über die Beobachtungsergebnisse mit der experimentell überprüfbarer Folgerung, Formulieren einer Aussage über die Zulässigkeit aufgestellter Hypothesen oder Voraussagen; Formulieren einer Aussage über den untersuchten Sachverhalt, Entwickeln von chemischen Gleichungen, rechnerisches Auswerten von Meßgrößen, Vergleichen von ermittelten mit theoretischen Werten, Aufzählen von Fehlerquellen, Formulieren neuer Aufgaben- und Problemstellungen

