

Saarland

Ministerium für Bildung,  
Kultur und Wissenschaft

Achtjähriges Gymnasium

**Handreichung**

**Chemisches Praktikum**

in der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe  
- mathematisch-naturwissenschaftlicher Zweig -

Februar 2006



### **Vorwort zum Praktikum**

Der Chemieunterricht im mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig des Gymnasiums soll den Schülerinnen und Schülern auch einen vertieften Einblick in das experimentelle Arbeiten vermitteln. Deshalb soll, wenn es die schulischen Möglichkeiten erlauben, ein Schülerpraktikum durchgeführt werden.

Es wird auf die Handreichung „Chemisches Praktikum“ verwiesen, die auf dem Bildungsserver des Saarlandes bereitgestellt wird ([www.bildungserver.saarland.de](http://www.bildungserver.saarland.de) unter „Unterricht – Materialien – Sekundarstufe II - Chemie“).

Das Praktikum ist auf 30 Stunden (10 Stunden Theorie und 10 Doppelstunden Praktikum) ausgelegt.

Die dazu benötigten Chemikalien und Geräte sind in den Versuchsbeschreibungen (vgl. Handreichung) angegeben; diese können auch als Kopiervorlage verwendet werden.

Um bei der Durchführung des Praktikums Aufsicht und Sicherheit zu gewährleisten, sollen Klassen mit einer Frequenz von mehr als 16 Schülerinnen und Schülern für die Praktikumsstunden geteilt werden.

Für die Organisation dieser Klassenteilung wird folgendes Verfahren vorgeschlagen:

In zwei der drei wöchentlichen Unterrichtsstunden erfolgt der Unterricht mit der gesamten Klasse. Eine der drei Chemiestunden liegt in einer Randstunde am Mittag; unterrichtet wird während des Praktikums jedoch diese und die darauf folgende Stunde mit jeweils der Hälfte der Klasse. Auf diese Weise erhalten alle Schülerinnen und Schüler die volle Stundenzahl und können dabei in hinreichend kleinen Gruppen experimentieren.

Je nach den schulischen Möglichkeiten kann das Praktikum in vollem Umfang oder auch nur zu einem Teil durchgeführt werden. Die Auswahl der Versuche richtet sich nach der Ausstattung der Sammlung.

Neben der fachlich-inhaltlichen Zielsetzung werden durch das Praktikum vor allem fachspezifisch- und naturwissenschaftlich-methodische, soziale und auch affektive Ziele angestrebt.

Die Schülerinnen und Schüler sollen in diesem Praktikum

- an das exakte naturwissenschaftliche Arbeiten herangeführt werden,
- die Versuche in Arbeitsgruppen zu zweit nach Anleitung selbstständig aufbauen, durchführen und dabei die geltenden Sicherheitsvorschriften beachten,
- die Versuchsergebnisse exakt protokollieren und in Textform zusammenfassen,
- die Zusammenarbeit in Arbeitsgruppen mit ihren Vorzügen und Problemen kennen lernen.

In der Auswertung der Versuche soll ein deutlicher Akzent auf die Entwicklung eines kritischen Methodenbewusstseins gesetzt werden; dabei sind regelmäßig Fehlerbetrachtungen mit einzubeziehen. Letztendlich soll das Motivationspotential des eigenen Experimentierens genutzt werden, um über eine Vertiefung des chemischen Grundwissens und zu einem fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Verständnis zu gelangen.

- 17.1 Sicherheit beim Experimentieren
- 17.2 Gasbrenner und Glasbearbeitung
- 17.3 Kristalle züchten
- 17.4 Kosmetik – selbstgemacht
- 17.5 Kernseife – selbstgemacht
- 17.6 Bestimmung der Größe eines Moleküls
- 17.7 Ermittlung der Formel von „Sahnetreibgas“
- 17.8 Qualitative Analyse: Nachweis von Halogenid-Ionen
- 17.9 Qualitative Analyse: Weitere Anionen-Nachweise
- 17.10 Qualitative Analyse: Kationennachweise
- 17.11 Grundlagen der Chromatographie
- 17.12 Dünnschichtchromatographie
- 17.13 Quantitative Analyse: Gravimetrie
- 17.14 Arbeiten mit Pipette, Bürette, Meßkolben
- 17.15 Quantitative Analyse: Titration von Haushaltsessig
- 17.16 Leitfähigkeits-Titration
- 17.17 Bestimmung der Faraday-Konstanten
- 17.18 Fotografie – chemische Grundlagen
- 17.19 Fotografie – SW-Bilder vom Negativ
- 17.20 Ermittlung des Energieumsatzes einer chemischen Reaktion
- 17.21 Gewässeruntersuchung: Bestimmung des Sauerstoff-Gehaltes
- 17.22 Gewässeruntersuchung: Bestimmung des Sauerstoff-Bedarfs
- 17.23 Gewässeruntersuchung: Bestimmung der Wasserhärte durch komplexometrische Titration
- 17.24 Gewässeruntersuchung: Bestimmung der Wasserhärte durch Leitfähigkeits-Titration
- 17.25 Modellexperiment zur praktischen Lebensmittelchemie (die letzte Praktikumsstunde)

<p><b>17.1 Sicherheit beim Experimentieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bedienung der Sicherheitseinrichtungen des Praktikumsraumes</li><li>• Gefahrstoff-Symbole und ihre Bedeutung</li><li>• Verhaltensregeln beim Experimentieren</li><li>• Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Laborunfällen</li></ul> <p><b>17.2 Gasbrenner und Glasbearbeitung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bau und Handhabung eines einfachen Gasbrenners</li><li>• Verhaltensregeln beim Experimentieren mit dem Gasbrenner</li><li>• Temperaturzonen der Brennerflamme</li><li>• grundlegende Techniken der Glasbearbeitung</li></ul> <p><b>17.3 Kristalle züchten</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Herstellung gesättigter Salz-Lösungen</li><li>• Gewinnung von Impfkristallen</li><li>• Züchten großer Kristalle</li><li>• Konservierung von Kristallen</li><li>• Bestimmung der Kristallsysteme der gezüchteten Kristalle</li></ul> <p><b>17.4 Kosmetik – selbstgemacht</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Herstellung der Fettphase einer Creme</li><li>• Herstellung einer Nachtcreme</li><li>• Emulgatorwirkung</li></ul> <p><b>17.5 Kernseife – selbstgemacht</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Herstellung einer Natronlauge definierter Konzentration</li><li>• Fettspaltung („Verseifung“) mit Hilfe von Natronlauge</li><li>• Aussalzen der Seife</li><li>• Abtrennung und Trocknung des „Seifekuchens“</li></ul>	<p>vgl. Schülerversuche (unten)</p> <p>vgl. Schülerversuche (unten)</p> <p>vgl. Schülerversuche (unten)</p> <p>Geeignete Salze: Natriumchlorid, Kaliumaluminiumsulfat Kaliumchromsulfat, Kupfersulfat Kaliumnatriumtartrat, Kaliumhexacyanoferrat (II)</p> <p>vgl. Schülerversuche (unten) Literatur: Hobbythek: „Cremes und sanfte Seifen“, VGS, Köln 1994 E. Sengpiel „Kosmetik Chemie“, „Naturwissenschaftlicher Unterricht heute“, Schroedel 1994</p> <p>vgl. Schülerversuche (unten)</p>
--	---

**17.6 Bestimmung der Größe eines Moleküls („Ölfleck-Versuch“)**

- Herstellung und Vermessung eines monomolekularen Ölsäurefilms mit definiertem Ölsäure-Volumen
- Berechnung der Teilchengröße anhand experimenteller Daten

vgl. Schülerversuche (unten)

**17.7 Ermittlung der Formel von „Sahne-Treibgas“**

- qualitative Analyse von „Sahne-Treibgas“
- Sauerstoff-Nachweis anhand der Oxidationswirkung
- Stickstoff-Nachweis anhand der Reaktionsfähigkeit des Restgases
- Bestimmung der molaren Masse von „Sahne-Treibgas“
- Ermittlung der Molekülformel
- Eigenschaften und Verwendung von Distickstoffmonoxid

vgl. Schülerversuche (unten)

**17.8 Qualitative Analyse: Nachweis von Halogenid-Ionen**

- Nachweis durch Reaktionen mit Silbernitrat
- Gleichungen der Fällungsreaktionen
- Unterscheidung der Silberhalogenide durch Komplexbildungsreaktionen
- Unterscheidung von Halogenid-Ionen durch Reaktionen mit Chlor-Wasser
- Gleichungen der Reaktionen von Chlor mit Bromid- und Iodid-Ionen

vgl. Schülerversuche (unten)

**17.9 Qualitative Analyse: Weitere Anionen-Nachweise**

- Carbonat-, Sulfat- und Phosphat-Nachweise mit Hilfe von Fällungsreaktionen
- Gleichungen der Fällungsreaktionen
- Nitrat-Nachweis mittels Teststäbchen
- Begründung für das „Ansäuern“ bei manchen Nachweisen
- Bestimmung der Anionen einer Stoffmischung

vgl. Schülerversuche (unten)

**17.10 Qualitative Analyse: Kationen-Nachweise**

- Bestimmung von Metall-Kationen durch ihre Flammenfärbung
- Bestimmung von Metall-Kationen mit Hilfe von Fällungsreaktionen
- Gleichungen der Fällungsreaktionen

vgl. Schülerversuche (unten)

**17.11 Grundlagen der Chromatographie**

- Adsorption von Farbstoffen an Aktivkohle
- Verteilungsvorgänge in polaren und unpolaren Lösemitteln
- Papierchromatographie von Filzstift-Farben

vgl. Schülerversuche (unten)

**17.12 Dünnschichtchromatographie**

- Herstellung eines Farbstoff-Extraktes aus pflanzlichem Material
- Trennung von Blattfarbstoffen
- Trennung der Farbstoffe im Paprika-Gewürz

vgl. Schülerversuche (unten)

**17.13 Quantitative Analyse: Gravimetrie**

- Gravimetrische Sulfat-Bestimmung
  - Vorbehandlung
  - Abscheidung
  - Filtration
  - Nachbehandlung
  - Berechnung der Sulfat-Konzentration der Ausgangslösung
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.14 Arbeiten mit Pipette, Bürette, Meßkolben**

- Volumen-Messgeräte der Chemie
- Arbeiten mit Volumen-Messgeräten
- Bestimmung des Volumens eines Wassertropfens

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.15 Quantitative Analyse: Konzentration von Haushaltsessig**

- Herstellung einer NaOH-Maßlösung
- Titration von Haushaltsessig mit Natronlauge
- Auswertung der Titration
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.16 Leitfähigkeits-Titration**

- Grundlagen der Leitfähigkeits-Titration
- Leitfähigkeits-Titration von Bariumhydroxid mit Schwefelsäure
- Bestimmung des Äquivalenzpunktes durch Extrapolation
- Auswertung der Titration
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.17 Bestimmung der Faraday-Konstanten**

- Aufbau eines Elektrolyse-Versuchs anhand einer Schaltskizze
- Elektrolyse von Natronlauge
- Identifizierung der Elektrolyse-Produkte
- Bestimmung des beim Versuch gebildeten Wasserstoff-Volumens und der dabei transportierten Ladung
- Bestimmung der Faraday-Konstanten
- Bestimmung der Elementarladung
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.18 Fotografie – chemische Grundlagen**

- chemische Vorgänge beim Belichten, Entwickeln und Fixieren
- Modellversuche zu den Schritten des fotografischen Prozesses
- Nachweis von Silber-Ionen in gebrauchtem Fixierbad

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.19 Fotografie – SW-Bilder vom Negativ**

- Ermittlung der richtigen Belichtungszeit bei der Herstellung eines Positiv-Bildes
- Herstellung eines Positivbildes von einem Schwarz-Weiß-Negativ
- Versuch zur Wirkung von Licht auf nicht fixierte Schwarz-Weiß-Bilder

Vgl. Schülerversuche (unten)

Literatur: Fachredaktion Kodak:  
„Freude am Fotografieren“,  
Falken 1982, Niederhausen / Ts.

**17.20 Ermittlung des Energieumsatzes einer chemischen Reaktion**

- Planung eines einfachen Versuchs zur Bestimmung der Reaktionswärme
- Energieumsatz bei Neutralisationen
- Energie und umgesetzte Stoffmenge
- Bestimmung der Reaktionswärme mit Hilfe der spezifischen Wärmekapazität des Wassers
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.21 Gewässeruntersuchung: Bestimmung des Sauerstoff-Gehaltes**

- Wirkung abiotischer und biotischer Faktoren auf den Sauerstoff-Gehalt von Gewässern
- Sauerstoff-Gehalt und Gewässergüte
- chemische Grundlagen der Sauerstoff-Bestimmung nach WINKLER
- experimentelle Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten)

**17.22 Gewässeruntersuchung: Bestimmung des Sauerstoff-Bedarfs**

- chemische Grundlagen der Bestimmung organischer Gewässerverunreinigungen Oxidation organischer Stoffe durch Kaliumpermanganat
- experimentelle Bestimmung des Kaliumpermanganat-Verbrauchs einer Wasserprobe
- Abschätzung des Sauerstoff-Bedarfs einer Wasserprobe
- Abschätzung der Gewässergüte

Vgl. Schülerversuche (unten)

Literatur:  
Hill, Schötschel, Stein, Wagner:  
„Sauerstoffgehalt und Sauerstoffbedarf von Gewässern“,  
Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM), 1991

**17.23 Gewässeruntersuchung: Bestimmung der Wasserhärte durch komplexometrische Titration**

- Entstehung der Wasserhärte
- Bedeutung von hartem Wasser
- Angabe der Wasserhärte (in mmol / l und in °dH)
- Grundlagen der komplexometrischen Titration zur Bestimmung der Wasserhärte
- experimentelle Bestimmung der Wasserhärte
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten)

Literatur:  
Franz Füller: „Chemisches Praktikum“,  
C.C. Buchners Verlag, Bamberg 1980  
Eisenbarth, Kohler, Kurz: „Praktikum Chemie“,  
Verlag Ernst Klett, Stuttgart 1982

**17.24 Gewässeruntersuchung: Bestimmung der Wasserhärte durch Leitfähigkeits-Titration**

- Entstehung der Wasserhärte
- Bedeutung von hartem Wasser
- Angabe der Wasserhärte (in mmol / l und in °dH)
- Grundlagen der Leitfähigkeits-Titration
- experimentelle Bestimmung der Wasserhärte
- Vergleich der Untersuchungsergebnisse aus Kap. 17.23 und 17.24
- Fehlerbetrachtung

Vgl. Schülerversuche (unten).

siehe Versuch 17.23

siehe Versuch 17.16

Literatur:

Eisenbarth, Kohler, Kurz: „Praktikum Chemie“, Verlag Ernst Klett, Stuttgart 1982  
Jander-Blasius: „Einführung in das anorg-chem. Praktikum“, Hirzel Verlag, Stuttgart Leipzig 1995

**17.25 Modellexperiment zur praktischen Lebensmittelchemie (die letzte Praktikumsstunde)**

- Isolation der für den Versuch benötigten Edukte aus nachwachsenden Rohstoffen
- Herstellung einer hochviskosen Suspension von Kohlenhydraten, Proteinen und Aromastoffen in Wasser
- Maillard-Reaktion in flüssigen, hoch erhitzten Triglyceriden
- Entsorgung der Reaktionsprodukte durch Inkorporation und enzymatisch gesteuerte Abbauvorgänge

Vgl. Schülerversuche (unten)

Dieser Versuch kann nur dann durchgeführt werden, wenn eine Küche zur Verfügung steht.

## **17.1 Sicherheit beim Experimentieren**

### **Sicherheitseinrichtungen**

Lage und Betätigung des Not-Aus-Schalters

Aufbewahrungsort und Bedienung der Geräte zur Brandbekämpfung (Feuerlöscher, Löschdecke, Löschsand); (Hinweis: Zusammenarbeit mit der Feuerwehr, Löschübungen)

Fluchtsituation und Fluchtwege (Hinweise im Arbeitsraum!)

Lage und Inhalt des Verbandkastens

Ort und Bedienung der Augendusche

Standort des nächsten Telefons

**Notruf-Nummern: Feuer 112, Notruf 110,  
Zentrale Notrufnummer für das Saarland: 0681 / 19222**

### **Erste Hilfe**

Erste Hilfe bei offenen Wunden nur mit Schutzhandschuhen, kleinere offene Wunden mit keimfreiem Schutzverband abdecken, bei größeren offenen Wunden zusätzlich Arzt verständigen!

Bei Verbrennungen mit Wasser kühlen, Brandblasen unberührt und geschlossen lassen, gegebenenfalls Arzt aufsuchen!

Bei Verätzungen eventuell durchtränkte Kleidung sofort entfernen, Haut bzw. Augen reichlich und mehrere Minuten lang mit Wasser spülen, dann mit trockenem, keimfreiem Verband abdecken; ärztliche Versorgung veranlassen!

Bei Vergiftungen mit Chemikalien sofort ärztliche Hilfe veranlassen!

**Beratungsstelle für Vergiftungsfälle: Universitäts-Kinderklinik Homburg;  
Telefon 06841/16-2257 oder 06841/16-2846**

### **Verhaltensregeln beim Experimentieren**

In Experimentierräumen nicht essen und trinken!

Experimentiertische von Taschen und Kleidungsstücken freihalten!

Vor dem Versuch Arbeitsanweisung sorgfältig durchlesen!

Arbeitsmantel und Schutzbrille tragen, evtl. Schutzhandschuhe!

Haare zusammenbinden und Kleidung vor Berührung mit der Brennerflamme schützen!

Das Gesicht nie über ein Gefäß bringen, in dem eine Reaktion abläuft!

Reagenzglasöffnungen nicht auf Personen richten!

Beim Erhitzen von Flüssigkeiten im Reagenzglas ständig schütteln; Siedesteine verwenden (Siedeverzug, Spritzgefahr)!

Benötigte Materialien herrichten!

Beim Arbeiten mit Gefahrstoffen die Gefahrensymbole beachten!

Im Stehen experimentieren!

Stets ruhig und konzentriert arbeiten!

Brenner und Vorratsflaschen nicht an die Tischkante stellen; Glasgeräte vor „Herunterrollen“ sichern.

Glasrohre und Thermometer mit Glycerin geschmiert und vorsichtig in Stopfenbohrungen einsetzen.

Versuche, bei denen giftige oder gesundheitsschädigende Gase, Dämpfe, Nebel oder Rauch auftreten, unter dem Abzug durchführen.

Geruchsproben nur unter Zufächeln ausführen.

Bei allen Versuchen möglichst geringe Chemikalienmengen verwenden (Verminderung der Kosten, Gefahren, Umweltbelastung).

Flüssigkeiten nicht über das Etikett ausgießen.

Chemikalien grundsätzlich nicht mit den Fingern anfassen.

Zum Pipettieren grundsätzlich Pipettierhilfen verwenden.

Vorratsgefäße sofort wieder verschließen, gebrauchte Chemikalien nie zurück in Vorratsgefäß geben.

### **Abbau und Entsorgung**

Feste ungiftige und ungefährliche Abfallstoffe in den Abfalleimer geben.

Chemikalienreste in die dafür vorgesehenen Abfallgefäße entsorgen.

Gebrauchte Geräte sorgfältig spülen.

Arbeitsplatz aufräumen, Tischplatte sauber abwischen.

Gas- und Wasserhähne schließen (Kontrolle!).

Hände waschen.

## **17.2 Gasbrenner und Glasbearbeitung**

### **Übungen mit dem Gasbrenner**

**Geräte:** Gasbrenner, Glasstab, Glasröhrchen (etwa 10 cm lang) mit Spitze

#### **Durchführung:**

1. Brenner bei geschlossener Luftzufuhr entzünden und durch Öffnen der Luftzufuhr eine heiße, nicht leuchtende Flamme erzeugen
2. Glasstab in die Flamme halten und damit die kühlen und heißen Bereiche der Brennerflamme erkunden
3. Mit Hilfe eines Glasröhrchens die Gase aus dem inneren Kegel der nicht leuchtenden Flamme ableiten und entzünden

### **Bearbeitung von Glasrohr**

**Geräte:** Gasbrenner, Glasschneider oder Ampullenfeilen, niedrig schmelzende Glasrohre (AR-Glas), Glasstab, Korkstopfen (passend zum Glasrohr)

#### **Durchführung:**

##### Schneiden und Rundschmelzen von Glas

1. Das Rohr etwa ein Viertel des Umfangs anritzen.
2. Das Rohr mit beiden Händen so fassen, dass der Anriss zwischen beiden Händen liegt und gegen die Brust gekehrt ist.
3. Das Rohr durch leichtes Ziehen sprengen.
4. Rohrenden mit scharfen Schnittkanten unter gleichmäßigem Drehen erwärmen, bis die Kanten erweichen und sich abrunden.

##### Ausziehen von Glasspitzen

1. Das Glasrohr an der gewünschten Stelle unter Drehen gleichmäßig erwärmen bis es weich wird.
2. Den erhitzten Rohrteil unter gleichmäßigem Drehen außerhalb der Flamme auseinander ziehen, bis die gewünschte Spitzenlänge erreicht ist.

##### Biegen von Glasrohren

1. Das Glasrohr einseitig mit dem Korkstopfen verschließen.
2. An der gewünschten Stelle eine größere Rohrstrecke erwärmen, wobei das Rohr mit beiden Händen gleichmäßig gedreht wird.
3. Sobald das Glas erweicht, das offene Rohrende zum Mund führen; das Rohr biegen und gleichzeitig hinein blasen, so dass ein gleichmäßiger Rohrquerschnitt erhalten bleibt.

### 17.3 Kristalle züchten

**Geräte:** Bechergläser (250 ml und 100 ml), Glasstäbe, Petrischalen, Vierfuß, Ceranplatte, Gasbrenner, Perlonfaden;

**Chemikalien:** Natriumchlorid, Kaliumaluminiumsulfat-Hydrat, Kaliumchromsulfat-Hydrat, Kupfersulfat-Hydrat, Kaliumhexacyanoferrat(II), Kaliumnatriumtartrat, destilliertes Wasser, farbloser Nagellack;

#### **Durchführung:**

1. Heißgesättigte Lösungen der o.g. Salze in je 100 g Wasser herstellen; Lösungen abkühlen lassen;
2. Von jeder Lösung einige ml in eine Petrischale gießen und auskristallisieren lassen; die Reste der Lösungen in abgedeckten Bechergläsern (100 ml) aufbewahren;

An einem anderen Praktikumstag:

1. Je einen großen Kristall auswählen, in der Schlaufe eines Perlonfadens befestigen und in die zugehörige kaltgesättigte Lösung einhängen.
2. Bechergläser für einige Tage/Wochen an ruhigem Ort mit möglichst gleichbleibender Temperatur aufstellen; gelegentlich Kristalle entfernen, die sich an Boden, Faden oder Zuchtkristall gebildet haben.
3. Gezüchtete Kristalle durch Überziehen mit farblosem Nagellack konservieren.

#### **Auswertung:**

Bestimme die Kristallsysteme, zu denen die gezüchteten Kristalle gehören.

### **17.4 Kosmetik - selbstgemacht**

**Versuch:** Herstellung einer Creme

**Geräte:** Waage, beheizbares Wasserbad, Thermometer, Bechergläser (250 ml, 100 ml), kleine Marmeladegläser oder Cremedöschen, Glasstab;

**Chemikalien:** Bienenwachs (naturgelb oder gebleicht), Walratersatz, Cetylalkohol, Mandelöl, (Avocadoöl), destilliertes Wasser, Parfüm (Rosenöl);

#### **Durchführung:**

Herstellung einer Fettphase:

1. Das Wasserbad auf etwa 80 - 85° C aufheizen.
2. 10 g Bienenwachs, 10 g Walratersatz, 1,5 g Cetylalkohol und 90 g Mandelöl (Avocadoöl) in ein Becherglas (250 ml) geben und dieses in das Wasserbad stellen
3. Sobald alle Zutaten geschmolzen sind, diese zu einer glatten Masse verrühren
4. Unter Rühren abkühlen lassen (Beschleunigung durch Einstellen in kaltes Wasserbad)
5. Fettphase im verschlossenen Gefäß im Kühlschrank aufbewahren (Haltbarkeit etwa ein halbes Jahr)

Herstellung einer Nachtcreme:

1. Ein Becherglas (100 ml) im Wasserbad auf 80 - 85° C aufheizen
2. 12,5 - 20 g destilliertes Wasser auf etwa 80° C erhitzen
3. 30 g Fettphase in das erwärmte Becherglas füllen und glattrühren, dann auf etwa 70°C abkühlen lassen
4. Erhitztes destilliertes Wasser tropfenweise in die Fettphase einrühren.
5. Die entstandene Creme unter ständigem Rühren abkühlen lassen (Beschleunigung durch Einstellen in ein kaltes Wasserbad)
6. In die noch warme Creme einen Tropfen Parfüm (Rosenöl) einrühren
7. Creme in ein verschließbares Gefäß abfüllen (Haltbarkeit: etwa 4 Wochen)

#### **Literatur:**

Hobbythek: „Cremes und sanfte Seifen“, VGS, Köln 1994

E. Sengpiel: „Kosmetik Chemie“, „Naturwissenschaftlicher Unterricht heute“, Schroedel 1994

### 17.5 Kernseife - selbstgemacht

**Geräte:** elektrische Heizplatte, Bechergläser (100 ml, 250 ml), Messzylinder (50 ml), Erlenmeyerkolben (weit, 250 ml), Rührstab, Tiegelzange, Filterpapier, altes Geschirrtuch, Waage;

**Chemikalien:** Butter oder Margarine, Natriumhydroxid, Kochsalz, Brennspritus;

**Sicherheitshinweise:**

Es ist darauf zu achten,

- dass während des gesamten Praktikums Arbeitskittel und Schutzbrille getragen werden;
- dass Spritzer von Natronlauge auf der Haut sofort mit viel Wasser abgespült werden;
- dass der leicht entzündliche Brennspritus nicht in die Nähe einer offenen Flamme gelangt.

**Durchführung:**

1. Die Masse an Natriumhydroxid berechnen, die benötigt wird zur Herstellung von 40 ml Natronlauge der Stoffmengenkonzentration  $c = 7,5 \text{ mol/l}$ .
2. Die berechnete Menge Natriumhydroxid (12 g) abwiegen und in einem kleinen Becherglas in 35 ml Wasser auflösen. (Vorsicht! Die Lösung wird heiß; Spritzgefahr!); dann mit Wasser zu 40 ml Lösung auffüllen.
3. 40 g Butter oder Margarine in einem Becherglas (250 ml) bei möglichst niedriger Temperatur schmelzen.
4. **Alle offenen Flammen löschen!** Zu dem geschmolzenen Fett zuerst 40 ml Brennspritus, dann 20 ml Wasser geben.
5. Die Natronlauge unter ständigem Rühren mit dem Rührstab langsam (!) zu dem geschmolzenen Fett geben.
6. Das Reaktionsgemisch wieder vorsichtig erhitzen und unter Umrühren 20 Minuten kochen, dabei das verdampfte Wasser immer wieder nachfüllen. Bei zu starker Schaumbildung das Rühren und Erwärmen unterbrechen.
7. Während das Reaktionsgemisch kocht, 100 ml einer gesättigten Kochsalzlösung herstellen. Die Salzlösung nach Beendigung der Verseifung zur Reaktionsmischung gießen.
8. Das Gemisch erkalten lassen (eventuell Wasserkühlung!) und durch das Geschirrtuch abgießen. Gründlich mit Wasser nachspülen und den zurückbleibenden „Seifenkuchen“ zusätzlich auspressen.
9. Eine kleine Probe des Produkts in dest. Wasser geben und schütteln.
10. Die Seife an der Luft bis zum nächsten Praktikumstag trocknen.

**17.6 a Bestimmung der Größe eines Moleküle**

**(Ölfleck-Versuch unter Verwendung einer Blutzuckerpipette)**

(Abschätzung der Größe eines Moleküls und der Avogadro-Konstanten  $N_A$ )

**Geräte:** Glaswanne (fettfrei, Durchmesser 14 cm), Insulinspritze (40 Einheiten/1 ml), kleine Petri schale, dicker Malpinsel (mitbringen), Blatt Papier mit konzentrischen Kreisen (Radien 3,0 - 6,0 cm, Abstufung 0,5 cm), altes Geschirrtuch (mitbringen);

**Chemikalien:** Ölsäure / Petrolether-Gemisch (1:1000), Bärlapp-Sporen oder Schwefel-Blüte;

**Durchführung:**

1. Die Glaswanne 3 cm hoch mit Wasser füllen und mittig auf die Schablone mit den konzentrischen Kreisen stellen. Auf die **ruhige** Wasserfläche mit Hilfe des Pinsels gleichmäßig Bärlappsporen streuen.
2. Die Insulinspritze mit Ölsäure-Lösung füllen. Die Lösung durch leichten Druck gleichmäßig und langsam aus der Spritze tropfen lassen; dabei die Tropfenzahl von 0,125 ml Lösung bestimmen.
3. Zusammenarbeit mit einem Helfer: Die Kanülenspitze genau über den Kreismittelpunkt bringen, wo bei der Helfer die kleine Petrischale ständig unter die Kanülenspitze hält. Ölsäure-Lösung langsam austropfen lassen. Die Petrischale kurz wegziehen, so dass 1 Tropfen auf die Mitte der Wasserfläche fällt.
4. Einige Minuten warten, bis der Petrolether verdunstet ist. Dann mit Hilfe der Schablone den Durchmesser des Ölsäure-Flecks bestimmen.  
Den Versuch zweimal durchführen. Die Glaswanne nach jedem Versuch sorgfältig mit Spülmittel spülen, mit klarem Wasser nachspülen und abtrocknen.

**Auswertung:** (ist für jeden Versuch durchzuführen):

Molare Masse der Ölsäure:  $M(\text{Ölsäure}) = 282 \text{ g/mol}$   
Dichte der Ölsäure:  $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$

Anzahl der Tropfen pro 0,125 ml: .....

Durchmesser des Ölflecks: .....

**Aufgaben:** Berechne mit Hilfe der experimentell ermittelten Daten folgende Größen:

1. Volumen eines Tropfens
2. Volumen der im Tropfen enthaltenen Ölsäure
3. Masse der Ölsäure-Portion in einem Tropfen
4. Fläche der Ölsäure-Schicht
5. Dicke der Ölsäure-Schicht
6. Größe und Volumen eines Ölsäure-Moleküls (Annahme: würfelförmige Moleküle)
7. Anzahl der Moleküle in der Ölsäure-Schicht
8. Anzahl der Moleküle in einem Gramm Ölsäure
9. Anzahl der Moleküle in einem Mol Ölsäure =  $N_A$

**17.6 b Bestimmung der Größe eines Moleküle  
(Ölfleck-Versuch)**

(Abschätzung der Größe eines Moleküls und der Avogadro-Konstanten  $N_A$ )

**Geräte:** Glaswanne (fettfrei, Durchmesser 30 cm), Bürette (fettfrei), Lineal (30 cm);  
dicker Malpinsel (mitbringen)

**Chemikalien:** Ölsäure/Benzin-Gemisch (1:1000), Bärlapp-Sporen oder Schwefel-Blüte

**Durchführung:**

1. Das Volumen eines Tropfens des Ölsäure/Benzin-Gemischs bestimmen, indem man 1 ml aus der Bürette tropfen lässt und dabei die Anzahl der Tropfen zählt.
2. Die Glaswanne mit Wasser füllen und die Wasseroberfläche hauchdünn mit Bärlapp-Sporen oder Schwefel-Blüte bestreuen.
3. Einen Tropfen Ölsäure-Lösung aus der Bürette auf die **ruhige** Wasseroberfläche in der Mitte der Wanne fallen lassen.  
(Die Lösung bildet einen etwa kreisrunden Fleck auf der Wasseroberfläche und schiebt dabei die Bärlapp-Sporen beiseite.)
4. Einige Minuten warten, bis das Benzin verdunstet ist. Dann mit Hilfe des Lineals den Durchmesser des Ölsäure-Flecks bestimmen.  
Den Versuch zweimal durchführen. Die Glaswanne nach jedem Versuch sorgfältig mit Spülmittel reinigen, mit klarem Wasser nachspülen und abtrocknen.

**Auswertung:** (ist für jeden Versuch durchzuführen):

Molare Masse der Ölsäure:  $M(\text{Ölsäure}) = 282 \text{ g/mol}$   
Dichte der Ölsäure:  $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$

Anzahl der Tropfen pro 1,0 ml: .....

Durchmesser des Ölflecks: .....

**Aufgaben:** Berechne mit Hilfe der experimentell ermittelten Daten folgende Größen:

1. Volumen eines Tropfens
2. Volumen der im Tropfen enthaltenen Ölsäure
3. Masse der Ölsäure-Portion in einem Tropfen
4. Fläche der Ölsäure-Schicht
5. Dicke der Ölsäure-Schicht
6. Größe und Volumen eines Ölsäure-Moleküls (Annahme: würfelförmige Moleküle)
7. Anzahl der Moleküle in der Ölsäure-Schicht
8. Anzahl der Moleküle in einem Gramm Ölsäure
9. Anzahl der Moleküle in einem Mol Ölsäure =  $N_A$

### 17.7 Ermittlung der Formel von „Sahne-Treibgas“

#### Versuch: Quantitative Zusammensetzung von Sahne-Treibgas

**Geräte:** Becherglas 100 ml (hF), Teelicht, Gasbrenner, Reaktionsrohr, Dreiwegehahn, 2 Kolbenprober, 2 durchbohrte Gummistopfen mit Glasrohrstücken;

**Chemikalien:** Magnesia-Rinne, 2 Kolbenprober, Kupferwolle oder Kupferdrahtnetz-Rolle Sahnetreibgas;

#### Durchführung:

1. Die oxidierende Wirkung von Sahne-Treibgas prüfen („Span-Probe“ mit Sahne-Treibgas).
2. Das Reaktionsrohr mit den beiden Kolbenprobern durch Glasrohr, Stopfen und Schlauchstückchen verbinden; zum Befüllen der Apparatur einen Dreiwegehahn zwischen Reaktionsrohr und einem Kolbenprober vorsehen (siehe Abb. 2).
3. 50 ml Sahne-Treibgas über den Dreiwegehahn in die Apparatur einfüllen (bei Entnahme aus einer entleerten Srühdose zuerst Restsahne abscheiden).
4. Kupfer erhitzen und das Sahne-Treibgas mehrfach mit den Kolbenprobern darüber schieben.
5. Nach dem Abkühlen Gasvolumen ablesen.
6. Das gasförmige Reaktionsprodukt durch Ausschließen anderer Gase als Stickstoff identifizieren.

**Auswertung:** Sahnetreibgas enthält Sauerstoff;  
Da sich das Volumen beim 4. Versuchsschritt nicht dauerhaft ändert, muss ein Molekül Sahnetreibgas außerdem zwei Atome Stickstoff enthalten.

#### Versuch: Bestimmung der Dichte von Sahnetreibgas

**Geräte:** Waage, 125 ml-Steilbrustflasche (Polypropylen) mit durchbohrtem Gummistopfen und Zweiwegehahn (oder Gaswägekugel), Wasserstrahlpumpe;

**Chemikalien:** Sahne-Treibgas

#### Durchführung:

1. Flasche (mit Gummistopfen und Zweiwegehahn) mit der Wasserstrahlpumpe evakuieren.
2. Leere Flasche wiegen.
3. Flasche mit Sahne-Treibgas füllen und erneut wiegen.

**Auswertung:** Berechnung der Dichte von Sahne-Treibgas.

### **17.8 Qualitative Analyse: Nachweis von Halogenid-Ionen**

#### **Versuch: Fällung von Silberhalogeniden**

**Geräte:** Reagenzgläser, Pipetten;

**Chemikalien:** Salpetersäure (verdünnt), Silbernitrat-Lösung, Kaliumchlorid, -bromid, -iodid-Lösungen

#### **Durchführung:**

1. Etwa 10 ml der zu untersuchenden Probe in ein Reagenzglas geben.
2. Etwa 3 ml Salpetersäure und 5 Tropfen Silbernitrat-Lösung hinzugeben.

**Auswertung:** Aus der Farbe des Niederschlags auf das Anion schließen.

#### **Versuch: Unterschiedliche Löslichkeit von Silberchlorid, -bromid und -iodid**

**Geräte:** Reagenzgläser, Pipetten;

**Chemikalien:** Salpetersäure (verdünnt), Silbernitrat-Lösung, Kaliumchlorid, -bromid, -iodid-Lösungen, Ammoniakwasser, Natriumthiosulfat-Lösung;

#### **Durchführung:**

1. Silberhalogenide wie im ersten Versuch fällen und die Suspensionen teilen.
2. Zu je einer Probe der verschiedenen Silberhalogenid-Suspensionen Ammoniak-Wasser geben, zu den restlichen Proben Natriumthiosulfat-Lösung hinzufügen.

**Auswertung:** Aus der jeweiligen Löslichkeit auf das vorliegende Silberhalogenid schließen.

#### **Versuch: Reaktion von Chlor mit Bromid- und mit Iodid-Ionen**

**Geräte:** Reagenzgläser;

**Chemikalien:** Kaliumchlorid-Lösung, Kaliumbromid-Lösung, Kaliumiodid-Lösung; Chlorwasser (frisch bereitet), Cyclohexan bzw. Benzin;

#### **Durchführung:**

1. Die zu untersuchende Probelösung in ein Reagenzglas geben.
2. Etwas Chlorwasser hinzugeben und schütteln.
3. Bei auftretender Färbung Cyclohexan bzw. Benzin hinzugeben und ebenfalls schütteln.

**Auswertung:** Aus der Färbung der wässrigen Phase und der Kohlenwasserstoff-Phase auf das vorhandene Halogenid-Ion schließen

**17.9 Qualitative Analyse: Weitere Anionennachweise  
(Carbonat-, Sulfat-, Phosphat-, Nitrat-Nachweis)**

**Versuch: Nachweis von Carbonat-Ionen**

**Geräte:** Reagenzgläser, Pipetten, durchbohrter Gummistopfen mit gewinkelttem Glasrohr,

**Chemikalien:** Salzsäure, Kalkwasser, Proben: Natriumcarbonat, Marmor, Eierschalen;

**Durchführung:**

1. Probe in Reagenzglas 1 geben.
2. Reagenzglas 2 mit Kalkwasser füllen.
3. Probe mit Salzsäure versetzen, Reagenzglas mit dem durchbohrten Stopfen und dem Glasrohr verschließen und das entstehende Gas in Reagenzglas 2 leiten.

**Versuch: Nachweis von Sulfat-Ionen**

**Geräte:** Reagenzgläser, Pipetten;

**Chemikalien:** Salzsäure (verdünnt), Bariumchlorid-Lösung, Proben: Schwefelsäure, Natriumsulfat, Mineralwasser;

**Durchführung:**

1. Reagenzglas zur Hälfte mit der Probelösung füllen.
2. Einige Tropfen Salzsäure und einige Tropfen Bariumchlorid-Lösung zugeben.

**Versuch: Nachweis von Phosphat-Ionen**

**Materialien:** Reagenzgläser, Pipetten, Gasbrenner;

**Chemikalien:** Phosphat-Reagenz (15 g Ammoniummolybdat, 40 g Ammoniumnitrat, 100 ml Salpetersäure (konz.) in 100 ml Wasser),  
Proben: Natriumphosphat, Dünger, Waschpulver;

**Durchführung:**

1. Reagenzglas zu einem Drittel mit der mit der Probelösung füllen.
2. Etwas Phosphat-Reagenz zugeben und vorsichtig erhitzen.

**Versuch: Nachweis von Nitrat-Ionen**

**Materialien:** Reagenzgläser, Pipetten, Mörser;

**Chemikalien:** Seesand, Wasser, Kopfsalat;

**Durchführung:**

1. Kopfsalat mit Seesand im Mörser zerreiben und mit etwas Wasser aufnehmen.
2. Reagenzglas mit der Probelösung füllen.
3. Nitrat-Teststäbchen kurz in die Probe eintauchen.

### 17.10 Qualitative Analyse: Kationennachweise

**Geräte:** Gasbrenner, Magnesiastäbchen, Reagenzgläser, blaues Kobalt-Glas;

**Chemikalien:** Salzsäure, Schwefelsäure, Ammoniak-Wasser, Natronlauge, Kaliumthiocyanat,  
Proben: in Wasser lösliche Salze von Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Ag, Cu, Fe(III);

#### **Durchführung:**

Nachweise mit Hilfe der Flammenfärbung:

1. Magnesiastäbchen mit Salzsäure anfeuchten und damit Kristalle des festen Salzes aufnehmen.
2. Kristalle in die nicht leuchtende Brennerflamme halten und die Flammenfärbung notieren:  
ggf. Handspektroskop benutzen.
3. Bei gelber Flammenfärbung den Vorgang wiederholen und die Flammenfärbung durch das Kobalt-Glas feststellen.

Lithium → karminrot, Natrium → (dauerhaft) gelb, Kalium → violett,  
Calcium → flackernd hellrot, Strontium → rot, Barium → fahl grün, Kupfer → blau-grün

Nachweise mit Hilfe der Fällungsreaktionen:

1. Von allen Salzen jeweils 20 ml Lösung herstellen
2. Von jeder Lösung jeweils eine kleine Probe mit wenigen Tropfen Salzsäure versetzen:  
Ag-Salze ergeben einen weißen Niederschlag.
3. Von jeder Lösung jeweils eine kleine Probe mit wenigen Tropfen Schwefelsäure versetzen:  
Erdalkali-Salze ergeben einen weißen Niederschlag.
4. Von jeder Lösung jeweils eine kleine Probe mit wenigen Tropfen Natronlauge versetzen:  
Ag-Salze ergeben einen braunen Niederschlag;  
Cu-Salze ergeben einen blauen Niederschlag;  
Fe(III)-Salze ergeben einen gelb-braunen Niederschlag.
5. Die frisch gefällten Niederschläge aus 4. mit Ammoniak-Wasser versetzen:  
Ag-Hydroxid ergibt eine farblose Lösung;  
Cu-Hydroxid ergibt eine tiefblaue Lösung.
6. Von jeder Lösung jeweils eine kleine Probe mit Kaliumthiocyanat-Lösung versetzen:  
Fe(III)-Salze ergeben eine tiefrote Lösung;  
Ag-Salze ergeben einen weißen Niederschlag.

**Auswertung:** Nach Durchführung aller Reaktionen das vorliegende Kation identifizieren.

### 17.11 Grundlagen der Chromatographie

**Versuch: Adsorption**

**Geräte:** Erlenmeyer-Kolben mit passendem Stopfen, großes Reagenzglas, Reagenzglasständer, Trichter mit passendem Filterpapier;

**Chemikalien:** Rotwein, Aktivkohle;

**Durchführung:**

1. Aktivkohle im Erlenmeyer-Kolben mit 50 ml Rotwein mischen und den verschlossenen Kolben gut schütteln.
2. Das Rotwein-Kohle-Gemisch filtrieren.

**Versuch: Extraktion**

**Geräte:** 2 Bechergläser (200 ml), Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Messzylinder (50 ml), Scheidetrichter (bzw. großes Reagenzglas mit passendem Stopfen und lange Pipette)

**Chemikalien:** Waschbenzin, gleich intensiv gefärbte Lösungen von Kaliumdichromat und Iod in Wasser;

**Durchführung:**

1. Ein 1:1-Gemisch von etwa gleich intensiv gefärbten wässrigen Iod- und Kaliumdichromat-Lösungen herstellen.
2. 2 ml des Gemischs mit Waschbenzin versetzen und schütteln.  
Mit reiner Kaliumdichromat-Lösung und reiner Iod-Lösung ebenso verfahren.

**Auswertung:** Aussagen über die Löslichkeit von Kaliumdichromat und von Iod in Wasser und in Waschbenzin; Verteilung von Kaliumdichromat und Verteilung von Iod in einem Wasser/Waschbenzin-Gemisch.

**Versuch: Papierchromatographie**

**Geräte:** 2 Petrischalen mit gleichem Durchmesser, Rundfilter (Durchmesser etwas größer als Schalendurchmesser), Schere;

**Chemikalien:** Filzstifte unterschiedlicher Farben, Tinte;  
Fließmittel: Wasser, n-Butanol, Essigsäure im Volumenverhältnis 5:4:1;

**Durchführung:**

1. Eine Petrischale etwa 1 cm hoch mit Fließmittel füllen.
2. Einen Filterpapierstreifen mit den Maßen 1,5 cm - 3 cm zu einem „Docht“ eng zusammenrollen.
3. In die Mitte eines Rundfilters ein enges Loch bohren und den „Docht“ hinein stecken.
4. In geringem Abstand vom „Docht“ kräftige Farbpunkte auf dem Filter auftragen.
5. Den Rundfilter mit „Docht“ so auf die mit Fließmittel gefüllte Schale legen, dass der „Docht“ in das Fließmittel taucht.
6. Die zweite Petrischale als Deckel auflegen und warten, bis die Fließmittelfront auf dem Filter fast den Rand der Petrischale erreicht; dann den „Docht“ entfernen.

**Auswertung:** Farbkomponenten der unterschiedlichen Filzstifffarben identifizieren.

**17.12 a Dünnschichtchromatographie: Trennung der Farbstoffe des roten Paprika-Pulvers**

**Geräte:** Chromatografie-Kammer bzw. geeignetes Gefäß mit Verschluss, Auftragekapillaren, Pinzette, Bechergläser (100ml, 250 ml), Messzylinder (100 ml bzw. 250 ml), Filtriereinrichtung, Föhn, Spatel, ggf. UV-Lampe;

**Chemikalien:** DC-Folie Kieselgel 60 F<sub>254</sub> (Streifen), Propanon, Propan-2-ol, Benzin (Kp. 100-140°C),  
rotes Paprikapulver;

**Durchführung:**

Herstellung der Farbstoff-Lösung:

1. Eine Spatelspitze rotes Paprikapulver mit wenigen Milliliter Aceton (Propanon) versetzen.
2. Die Farbstoffe unter Rühren extrahieren und durch Dekantieren bzw. Filtrieren einen klaren Farbstoff-Extrakt herstellen.
3. Farbstoff-Extrakt durch vorsichtiges Erwärmen einengen.

Bereitung des Fließmittels:

1. Ein Gemisch aus Benzin und Propan-2-ol (Volumenverhältnis 10:1) herstellen.
2. Das Volumen des Gemisches entsprechend der Größe der Chromatografie-Kammer wählen.
3. Fließmittel ca. 0,5 cm hoch hoch in die Chromatografie-Kammer einfüllen und diese verschließen.

Vorbereitung der DC-Folie:

An den seitlichen Rändern der DC-Folie ca. 2 mm der Beschichtung abschaben;  
mit einem feinen Bleistift eine hauchfeine Linie als „Startlinie“ etwa 2 cm über dem unteren Rand markieren, ohne die Kieselgelschicht zu beschädigen.

Chromatografie:

1. Kapillare mit der Pinzette in die Farbstoffmischung tauchen und dann kurz senkrecht auf die „Startlinie“ der DC-Folie auftupfen und trocknen lassen. (Der gebildete Farbleck soll höchstens 5 mm Durchmesser besitzen.)
2. Den Vorgang entlang der „Startlinie“ mehrfach wiederholen.
3. DC-Folie in die Kammer stellen und verschließen, Folie entnehmen, wenn das Fließmittel 5 mm unter dem oberen Folienrand angekommen ist.
4. Fließmittelfront und die Konturen der Farbstoffbänder mit feinem Bleistift markieren.

**Literatur:** Elemente - Chemie II, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 2000

**17.12 b Dünnschichtchromatographie: Trennung von Blattpigmenten**

**Geräte:** Waage, Schere, Reibschale mit Pistill, elektrische Heizplatte, Filtriereinrichtung, Reagenzglas mit Stopfen, Messzylinder (50 ml), DC-Kammer bzw. Standzylinder mit Deckel, Auftragekapillare, Pinzette, Pipette;

**Chemikalien:** DC-Kieselgelfolie (Streifen), Quarzsand, Calciumcarbonat, Propanon, Propan-2-ol, Petrolether (Kp. 30-50° C), Benzin (Kp. 100-140° C), Blätter von Spinat, Gras, Brennnesseln, Efeu;

**Durchführung:**

Herstellung der Rohchlorophyll-Lösung:

1. Etwa 2 g Blätter kleinschneiden und in der Reibschale unter Zusatz von etwas Quarzsand, einer Spatelspitze Calciumcarbonat und 10 ml Propanon zerreiben.
2. Das Material mit weiteren 10 ml Propanon in ein Reagenzglas füllen, verschließen und gut schütteln; den Ansatz 5 Minuten stehen lassen.
3. Den Farbstoffextrakt abfiltrieren und auf der Heizplatte auf ein kleines Volumen einengen.

Bereitung des Fließmittels:

Petrolether mit Benzin und Propan-2-ol im Volumenverhältnis 5:5:12 mischen und die Chromatographie-Kammer etwa 1 cm hoch füllen.

Vorbereitung der DC-Folie:

An den seitlichen Rändern der DC-Folie ca. 2 mm der Beschichtung abschaben; mit einem feinen Bleistift eine hauchfeine Linie als „Startlinie“ etwa 2 cm über dem unteren Rand markieren, ohne die Kieselgelschicht zu beschädigen.

Chromatographie:

1. Kapillare mit der Pinzette in die Farbstoffmischung tauchen und dann kurz senkrecht auf die „Startlinie“ der DC-Folie auftupfen und trocknen lassen. (Der gebildete Farbfleck soll höchstens 5 mm Durchmesser besitzen.)
2. Den Vorgang entlang der „Startlinie“ mehrfach wiederholen.
3. DC-Folie in die Kammer stellen und verschließen, Folie entnehmen, wenn das Fließmittel 5 mm unter dem oberen Folienrand angekommen ist.
4. Fließmittelfront und die Konturen der Farbstoffbänder mit feinem Bleistift markieren.

**17.13 Quantitative Analyse: Gravimetrie (Bestimmung von Sulfat)**

**Geräte:** Waage, Trockenschrank, Vollpipette (25 ml), 2 Bechergläser (100 ml), Gasbrenner, Vierfuß mit Ceranplatte, Glasstab, Tropfpipette, Uhrglas, Trichter, Erlenmeyerkolben (250 ml), Pinzette, Filtrierpapier;

**Chemikalien:** Natriumsulfat-Lösung ( $c = 10^{-1} \text{ mol/l}$ ) Bariumchlorid-Lösung ( $c = 2 \cdot 10^{-1} \text{ mol/l}$ ; 4,9 g  $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  in 100 ml Lösung), verdünnte Salzsäure, pH-Papier, destill. Wasser;

**Durchführung:**

1. 25 ml der Natriumsulfat-Lösung in ein 100 ml Becherglas pipettieren und mit verdünnter Salzsäure ansäuern ( $\text{pH} = 2,0 - 2,5$ )
2. Das Becherglas mit einem Uhrglas abdecken und die Lösung zum Sieden erhitzen.
3. Mit der Tropfpipette langsam Bariumchlorid-Lösung (ca. 13 ml) zusetzen, dabei die Suspension ständig mit dem Glasstab umrühren.
4. Die Suspension im abgedeckten Becherglas bei ca.  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  etwa 15 Min. stehen lassen.
5. Filtrierpapier wiegen, Filtrieranlage (Trichter, Erlenmeyerkolben) vorbereiten.
6. Becherglasinhalt dekantierend abfiltrieren; unterdessen 50 ml destilliertes Wasser erhitzen.
7. Niederschlag mit heißem destilliertem Wasser waschen.
8. Filtrierpapier mit Pinzette auf Uhrglas legen und mindestens 60 Min. (evtl. bis zur folgenden Praktikumsstunde) im Trockenschrank bei  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  trocknen.
9. Filtrierpapier mit getrocknetem Filtrat auswiegen.

**Auswertung:**

1. Berechne die Stoffmengenkonzentration der vorgelegten Natriumsulfat-Lösung.
2. Vergleiche das Messergebnis mit der exakten Konzentration; Fehlerbetrachtung.

**Literatur:**

Jander-Blasius: „Einführung in das anorganisch-chemische Praktikum“,  
S. Hirzel-Verlag, Stuttgart / Leipzig 1995

### **17.14 Arbeiten mit Pipette, Bürette und Messkolben**

**Geräte:** Messpipette (10 ml), Vollpipette (10 ml), Bürette (25 ml bzw. 50 ml) mit Stativ und Bürettenklammer, Messzylinder (100 ml), Messkolben (100 ml), Becherglas (250 ml), Pipettierhilfe, Trichter;

**Durchführung:**

Übungen mit Vollpipette und Messkolben

1. 10 mal den Inhalt einer 10 ml-Vollpipette (ex!) in einen 100 ml-Messzylinder entleeren und das Volumen kontrollieren.
2. 10 mal den Inhalt einer 10 ml-Vollpipette (ex!) in einen 100 ml-Messkolben entleeren und das Volumen kontrollieren.
3. Die Ablesegenauigkeit bei Messzylinder und Messkolben vergleichen.

**Durchführung:**

Übungen mit der Messpipette

Aus einer Messpipette 5 mal je 1 ml und 10 mal je 0,1 ml Flüssigkeit austropfen lassen.

**Durchführung:**

Übungen mit der Bürette

1. Eine Bürette exakt bis zur 0 ml-Marke füllen (unterer Rand des "Meniskus" muss in Höhe der 0 ml-Marke sein!)
2. Genau 10 ml Flüssigkeit langsam auslaufen lassen.
3. 5 mal 1 ml Flüssigkeit **tropfenweise** auslaufen lassen und jedes Mal die Anzahl der Tropfen pro Milliliter bestimmen.
4. Das mittlere Volumen eines Tropfens berechnen.

**17.15 Quantitative Analyse: Titration  
Bestimmung der Konzentration von Haushaltsessig**

**Versuch:** Herstellung einer Maßlösung

**Geräte:** Messzylinder (250 ml), Waage;

**Chemikalien:** Natriumhydroxid;

**Durchführung:**

1. Die Masse Natriumhydroxid berechnen, die zur Herstellung der Lösung ( $c = 0,1 \text{ mol/l}$ ) notwendig ist.
2. Die berechnete Masse Natriumhydroxid abwiegen und in etwas Wasser auflösen.
3. Lösung mit Wasser auf 250 ml auffüllen.

**Versuch:** Titration von Essig

**Geräte:** Erlenmeyer-Kolben, Pipette, Bürette, Trichter;

**Chemikalien:** Natriumhydroxid-Lösung aus dem vorangegangenen Versuch (oder handelsübliche NaOH-Maßlösung), Haushaltsessig (ca. 5 %), Phenolphthalein;

**Durchführung:**

1. Haushaltsessig mit Wasser im Volumenverhältnis 1 : 10 verdünnen.
2. 20 ml der Essiglösung im Erlenmeyer-Kolben vorlegen und wenige Tropfen Indikator zugeben.
3. Bürette mit NaOH-Maßlösung bis zur 0 ml-Marke auffüllen.
4. Unter ständigem Schwenken Natronlauge in die Essiglösung tropfen lassen, bis der Indikator umschlägt.

**Auswertung:**

Berechne die Stoffmengenkonzentration von Haushaltsessig.

### **17.16 Quantitative Analyse: Leitfähigkeitstiteration**

**Geräte:** Stativ mit 2 Klammern, Bürette, Trichter, Leitfähigkeitsprüfer, Stromstärke-Messgerät, Netzgerät, 3 Kabel, Magnetrührer oder Glasstab, Becherglas (250 ml), Messpipette (10 ml), Pipettierhilfe, Messzylinder (100 ml)

**Chemikalien:** gesättigte Bariumhydroxid-Lösung, Schwefelsäure ( $c = 1 \text{ mol/l}$ ), destilliertes Wasser

#### **Durchführung:**

1. Versuch nach Abbildung aufbauen (siehe Anlage 3).
2. Bürette mit Schwefelsäure ( $c = 1 \text{ mol/l}$ ) bis zur 0 ml-Marke auffüllen.
3. 30 ml gesättigte Bariumhydroxid-Lösung in Becherglas pipettieren und mit 30 ml destilliertem Wasser verdünnen; Pipettierhilfe benutzen!
4. Messwerttabelle mit  $V(\text{H}_2\text{SO}_4)$  in ml und Stromstärke  $I$  in mA anlegen; Stromstärke des Vollausschlags eintragen.
5. Spannung so einstellen, dass das Amperemeter Vollausschlag zeigt.
6. Jeweils 0,5 ml Schwefelsäure zugeben (in der Nähe des Minimums nur je 0,1 ml), umrühren, die zugehörige Stromstärke ablesen und Werte in Tabelle eintragen. Nach jeder Messung Spannungsquelle abschalten!

#### **Auswertung:**

1. Zeichne eine Titrationskurve durch Auftragen der Stromstärke in Abhängigkeit vom Volumen der zugegebenen Schwefelsäure.
2. Deute den Kurvenverlauf anhand der Ionengleichung.
3. Bestimme den Äquivalenzpunkt durch Verlängern der geradlinigen Kurvenäste.
4. Berechne die Stoffmengenkonzentration der gesättigten Bariumhydroxid-Lösung.
5. Nenne Faktoren, welche die Leitfähigkeit beeinflussen können.

### 17.17 Bestimmung der Faraday-Konstanten

**Versuch:**        **Quantitative Elektrolyse von Natronlauge**

**Geräte:**        Hofmannscher Apparat mit Niveaugefäß oder Kolbenprober 50 ml, Gleichspannungsquelle 10 - 20 V, Amperemeter, 3 Kabel, 2 Elektroden (Platin oder Nickel), Uhr, Waage, Thermometer, Barometer;

**Chemikalien:**    Natronlauge (20 %)

**Durchführung:**

Schutzbrille und Gummihandschuhe tragen!

1. Mit Hilfe der Skizze (siehe Anlage 4) den Versuch aufbauen.
2. Den Hofmannschen Apparat mit Natronlauge (20 %) füllen.
3. Vorversuche zur Identifizierung der Elektrolyseprodukte durchführen.
4. Zur Durchführung des quantitativen Versuchs den Apparat erneut mit Natronlauge füllen.
5. Gleichspannung und Stoppuhr gleichzeitig einschalten und die Stromstärke **rasch** auf 0,5 Ampere regulieren.
6. Den Strom nach 300 Sekunden abschalten.
7. Den Flüssigkeitsspiegel im Niveaugefäß auf gleiche Höhe mit dem Flüssigkeitsspiegel im Katodenraum bringen.
8. Den Luftdruck, die Raumtemperatur (in K) und das Wasserstoff-Volumen im Katodenraum bestimmen und die Werte notieren.

Steht kein Hofmannscher Apparat mit Niveaugefäß zur Verfügung, wird der gebildete Wasserstoff in einen 50 ml Kolbenprober überführt und dort das Wasserstoff-Volumen bestimmt.

**Auswertung:**

1. Rechne das Wasserstoff-Volumen auf Normbedingungen um.
2. Berechne die bei der Elektrolyse transportierte Ladung.
3. Berechne die Ladung, die zur Entladung von 1 mol  $H^+$  -Ionen benötigt wird.
4. Vergleiche das Ergebnis mit dem Literaturwert für die Faraday-Konstante; nenne Faktoren, die zu einer Ungenauigkeit des Versuchsergebnisses führen.
5. Berechne die Ladung eines  $H^+$ -Ions; vergleiche das Ergebnis mit dem Literaturwert für die Elementarladung  $e^-$ .

### **17.18 Fotografie – chemische Grundlagen**

#### **Versuch: Modellversuche zum fotografischen Prozess**

**Geräte:** Reagenzgläser, Glaspipetten mit Hütchen, schwarzes Tonpapier, Dia-Projektor oder Overhead-Projektor;

**Chemikalien:** Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Natriumbromid, Kaliumbromid, Natriumiodid, Kaliumiodid, destilliertes Wasser, Silbernitrat-Lösung, Entwickler-Lösung (alkalische Hydrochinon-Lösung), verdünnte Essigsäure, Natriumthiosulfat-Lösung;

#### **Durchführung:**

1. Jeweils eine Lösung von Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Natriumbromid, Kaliumbromid, Natriumiodid, Kaliumiodid in destilliertem Wasser herstellen und in jedes Reagenzglas einige Tropfen Silbernitrat-Lösung zugeben; Reagenzgläser 10 Minuten belichten.
2. Untere Hälfte eines Reagenzglases mit schwarzem Tonpapier, in das eine X-förmige Öffnung geschnitten wurde, abdecken; im Reagenzglas Silberchlorid-Niederschlag ausfällen und 10 Minuten belichten.
3. Frisch gefälltem Silberchlorid-Niederschlag etwa 1 ml Entwickler-Lösung (alkalische Hydrochinon-Lösung) zusetzen.
4. Frisch gefälltem Silberchlorid-Niederschlag etwa 1 ml verdünnte Essigsäure und anschließend etwas Entwickler-Lösung (alkalische Hydrochinon-Lösung) zusetzen.
5. Frisch gefälltem Silberchlorid-Niederschlag sowie einem schon längere Zeit dem Licht ausgesetztem Silberchlorid-Niederschlag jeweils unter Umschütteln Natriumthiosulfat-Lösung zusetzen.

**Auswertung:** Erkläre unter Verwendung passender Reaktionsgleichungen die bei den einzelnen Versuchen ablaufenden Reaktionen.

#### **Versuch: Nachweis von Silber-Ionen in gebrauchtem Fixierbad**

**Geräte:** Reagenzgläser

**Chemikalien:** blankes Kupferblech, benutztes Fixierbad;

#### **Durchführung:**

Blank geschmirgelte Kupferblechstreifen in benutztes Fixierbad eintauchen.

### **17.19 Fotografie – SW- Bilder vom Negativ**

#### **Versuch: Entwicklung von Schwarz-Weiß-Bildern im Fotolabor**

**Geräte:** Standard-Ausstattung eines Fotolabors;

**Chemikalien:** Entwickler-Lösung, Stoppbad-Lösung (stark verdünnte Essigsäure), Fixiersalz-Lösung, Fotopapier, Schwarz-Weiß- oder Farb-Negativ-Streifen;

#### **Durchführung:**

1. Entwickler-, Stopp-, Fixier-, Wasserbad bereitstellen.
2. Negativ entstauben und mit Schichtseite nach unten in Vergrößerungsgerät einlegen.
3. Gewünschte Bildgröße wählen; bei offener Blende scharfstellen, danach etwa auf Blende 8 (zweimal) abblenden.
4. Fotopapier bei ausgeschaltetem Vergrößerungsgerät und eingeschaltetem Laborlicht in Vergrößerungsrahmen einlegen; fünf Sechstel der Papierfläche abdecken.
5. Vergrößerungsgerät für 1 Minute einschalten; in Zehn-Sekunden-Schritten jeweils ein weiteres Sechstel des Fotopapiers freigeben.
6. Belichteten Probeabzug nacheinander in Entwickler-, Stopp-, Fixier- und Wasserbad einlegen (Zeiten siehe Herstellerangaben).
7. Probeabzug bei Raumlicht begutachten und richtige Belichtungszeit auswählen
8. Zur Herstellung eines Schwarz-Weiß-Positivbildes Fotopapier richtig belichten, anschließend - wie oben beschrieben - entwickeln, fixieren und wässern, dann trocknen.

#### **Versuch: Verhalten von nicht fixierten Bildern beim Belichten**

**Geräte:** Standard-Ausstattung eines Fotolabors;

**Chemikalien:** Entwickler-Lösung, Stoppbad-Lösung, Fotopapier, Schwarz-Weiß-Negativstreifen;

#### **Durchführung:**

1. Fotopapier richtig belichten und entwickeln.
2. Nach dem Abstoppen der Entwicklung Fotopapier wässern und dem Raumlicht aussetzen.

**Literatur:** Fachredaktion Kodak: „Freude am Fotografieren“, Niedernhausen/Ts.: Falken 1982

**17.20 Ermittlung des Energieumsatzes einer chemischen Reaktion**

**Versuch: Ermittlung der Neutralisationswärme**

**Geräte:** Becher aus Polystyrolschaumstoff (mindestens 200 ml), 2 Messzylinder (100 ml), Glasstab, Thermometer (0° C - 100° C), Stoppuhr;

**Chemikalien:** Salzsäure (c = 1 mol/l), Natronlauge (c = 1 mol/l), Bromthymolblau;

**Durchführung:**

1. Jeweils 100 ml der Salzsäure und der Natronlauge abmessen.
2. Natronlauge in den Becher aus Polystyrolschaumstoff geben.
3. Temperatur der beiden Lösungen messen und ggf. Mittelwert (=Anfangstemperatur) berechnen.
4. Salzsäure zu der Natronlauge geben.
6. Temperatur in dem Becher aus Polystyrolschaumstoff alle 10 Sekunden ablesen und protokollieren (oder computerunterstützte Messwertaufnahme).
6. Kontrolle der Temperatur fortsetzen, bis die ermittelte Anfangstemperatur wieder erreicht ist.

**Auswertung:**

Maximaltemperatur durch Extrapolation des Temperaturverlaufs ermitteln.

Berechnung der umgesetzten Wärme über die Wärmekapazität des Wassers (c = 4,2 J · K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>).

Zufällige Meßfehler und systematische Fehler diskutieren.

**17.21 Gewässeruntersuchung: Bestimmung Sauerstoff-Gehaltes**

**Versuch: Sauerstoffbestimmung nach WINKLER**

**Materialien:** mindestens 2 WINKLER-Flaschen (Glasschliffflaschen von ca. 100 ml mit definiertem Volumen; auch andere luftdicht verschließbare Flaschen sind geeignet, z.B. Polyethylenflaschen), je zwei Plastikspritzen (1 ml bzw. 2 ml), Bürette am Stativ, Thermometer, Glasperlen;

**Chemikalien:** Mangan (II)-chlorid-Lösung (8 g  $\text{MnCl}_2$  in 10 ml  $\text{H}_2\text{O}$ ), kaliumiodidhaltige Natronlauge (36 g Natriumhydroxid und 20 g Kaliumiodid auf 10 ml auffüllen), Phosphorsäure (85%), Stärkelösung (1%, zur Verhinderung von Schimmelbildung mit 5 mg Quecksilber(II)-iodid versetzen oder Zinkiodid-Stärke-Lösung), Natriumthiosulfat-Maßlösung ( $c = 0,01 \text{ mol/l}$ ) (2,48 g Natriumthiosulfat-Pentahydrat lösen und mit abgekochtem destilliertem Wasser auf 1 Liter auffüllen; mit 0,2 g Natriumcarbonat-Decahydrat zur Stabilisierung versetzen und dunkel aufbewahren).

**Durchführung:**

1. Die WINKLER-Flasche luftblasenfrei mit der Wasserprobe füllen.
2. 0,5 ml Mangan(II)-chlorid-Lösung und 0,5 ml kaliumiodidhaltige Natronlauge zugeben.
3. Eine Glasperle zum besseren Durchmischen zusetzen, verschließen, umschütteln und ca. 2 Minuten stehen lassen.
4. Temperatur des Gewässers messen, notieren.
5. Den klaren Überstand verwerfen und den Niederschlag mit 2 ml Phosphorsäure lösen, umschütteln, stehenlassen und 5 Minuten warten.
6. Diese klare Lösung mit einem Tropfen Stärkelösung versetzen und mit der Thiosulfat-Maßlösung bis zum Verschwinden der blauen Farbe titrieren.

**Auswertung:**

vgl. Kopiervorlage in der Anlage

**17.22 Gewässeruntersuchung: Bestimmung des Sauerstoff-Bedarfs**

**Vorversuch:** Oxidation von Traubenzucker mit Kaliumpermanganat in saurer Lösung

**Versuch: Kaliumpermanganat-Verbrauch eines Abwassers**

**Geräte:** Brenner mit Dreifuß und Keramiknetz, Kolbenpipette (10 ml), Plastikspritze (10 ml), Erlenmeyer-Kolben (250 ml), Messzylinder (100 ml);

**Chemikalien:** Schwefelsäure (konzentriert), Kaliumpermanganat-Lösung ( $c = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ ), verschiedene Wasserproben von Bächen und Teichen, häusliches Abwasser (Spülwasser), Spülmittel;

**Durchführung:**

1. 100 ml der Wasserprobe abmessen, 2 ml konzentrierte Schwefelsäure zugeben (Vorsicht!), ferner Glasperlen, zur Kontrolle auch reines Leitungswasser verwenden.
2. Inhalt des Gefäßes zum Kochen bringen.
3. In die schwach siedende Flüssigkeit langsam in Portionen zu 1 ml die violette Kaliumpermanganat-Lösung geben, bis die schwach violette Farbe 10 Sekunden lang erhalten bleibt.
4. In 100 ml reines Wasser 1 Tropfen Spülmittel (als leicht abbaubaren Stoff) geben, nach Ansäuern hitzen und Kaliumpermanganat-Lösung wie oben zusetzen.

**Auswertung:**

Aus dem Kaliumpermanganatverbrauch läßt sich mit Hilfe der angegebenen Formel der Sauerstoffbedarf  $G$  der Wasserprobe errechnen. Wurden zum Beispiel für 100 ml einer Wasserprobe 8 ml der angegebenen Kaliumpermanganat-Lösung ( $c(\text{MnO}_4^-) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ ) verbraucht, so gilt:

$$G = \frac{m(\text{O}_2)}{V(\text{Probe})} = \frac{4/5 M(\text{O}_2) \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4)}{V(\text{Probe})}$$

$$G = \frac{4 \cdot 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot 0,008 \text{ l}}{5 \cdot 0,1 \text{ l}}$$

$$G = 4,096 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1} = 4,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$$

**Kaliumpermanganat-Verbrauch verschiedener Gewässer**

reine Grund- und Quellwässer:	3 - 8 mg	KMnO <sub>4</sub> / l
reine Oberflächenwässer:	8 - 12 mg	KMnO <sub>4</sub> / l
mäßig verunreinigte Flüsse:	20 - 35 mg	KMnO <sub>4</sub> / l
stark verunreinigte Flüsse:	100 - 150 mg	KMnO <sub>4</sub> / l

**17.23 Gewässeruntersuchung: Wasserhärte durch komplexometrische Titration**

**Geräte:** 3 Erlenmeyerkolben (250 ml), Messzylinder (100 ml), Messpipette (10 ml), Pipettierhilfe, Bürette mit Stativ und Bürettenklammer, Trichter;

**Chemikalien:** Ethylendiamintetraacetat (EDTA) mit  $c = 0,1 \text{ mol/l}$ , Indikator-Puffer-Tabletten, Ammoniak-Lösung (mind. 25%ig, zur Analyse), Wasserprobe (z.B. Mineralwasser mit hohem Calcium- und Magnesium-Gehalt);

**Durchführung:** Komplexometrische Titration von hartem Wasser

1. Mit einem Messzylinder 50 ml Untersuchungslösung und 50 ml destilliertes Wasser in einen Erlenmeyerkolben abmessen. (Das bedeutet eine 1:1 -Verdünnung der Untersuchungslösung mit dest. Wasser). Mineralwasser zur Entfernung des Kohlenstoffdioxids vor Versuchsbeginn abkochen!
2. 2 Indikator-Puffer-Tabletten in der Lösung unter Umschwenken vollständig lösen.
3. 2 ml konzentrierte Ammoniak-Lösung dazu gießen.
4. Bürette mit EDTA-Lösung bis zur 0-ml-Marke auffüllen.
5. Zuerst in Milliliter-Portionen, dann in kleineren Portionen die EDTA-Lösung aus der Bürette zu laufen lassen, bis die Farbe der Lösung von Rot nach Grün umschlägt.
6. Den Versuch 3 mal durchführen und den Mittelwert des EDTA- Verbrauchs berechnen.
7. Berechne die Gesamt-Stoffmengenkonzentration ( $c$ ) der für die Wasserhärte verantwortlichen Metall-Ionen und vergleiche mit den Angaben auf der Mineralwasser-Flasche.

**Literatur:**

Franz Füller, „Chemisches Praktikum“, C.C. Buchners Verlag, Bamberg, 1980  
Eisenbarth, Kohler, Kurtz, „Praktikum Chemie“, Verlag Ernst Klett, Stuttgart 1982

**17.24 Gewässeruntersuchung: Wasserhärte durch Leitfähigkeits-Titration**

**Geräte:** Stativ mit 2 Klammern, Bürette, Trichter, Leitfähigkeitsprüfer, Netzgerät, Amperemeter, 3 Kabel, Magnetrührer oder Glasstab zum Rühren, Becherglas (400 ml), Messzylinder (250 ml);

**Chemikalien:** Oxalsäure ( $c = 0,5 \text{ mol/l}$ ), Wasserprobe (z.B Mineralwasser mit hohem Calcium- und Magnesium-Gehalt);

**Durchführung:** Leitfähigkeits-Titration von hartem Wasser

1. Versuch entsprechend Abbildung 3 aufbauen.  
Messwerttabelle mit  $V(\text{Oxalsäure})$  in ml und Stromstärke in mA anlegen; Stromstärke des Vollausschlags eintragen.
3. 200 ml der Wasserprobe in ein Becherglas abmessen. Bei Verwendung von Mineralwasser ist dieses zur Bürette mit Oxalsäure bis zur 0-ml-Marke auffüllen.
5. Entfernung des Kohlenstoffdioxids vor Versuchsbeginn abzukochen.
4. Spannung so einstellen, dass das Amperemeter Vollausschlag zeigt.
6. Oxalsäure in 0,5 ml-Portionen zugeben (in der Nähe des Minimums nur in 0,1 ml-Portionen), und umrühren. Die zugehörige Stromstärke ablesen und die Werte in die Tabelle eintragen. Nach jeder Messung Spannungsquelle abschalten!

**Auswertung:**

1. Zeichne eine Titrationskurve durch Auftragen der Stromstärke in Abhängigkeit vom Volumen der zugegebenen Oxalsäure.
2. Deute den Kurvenverlauf anhand der Ionengleichung.
3. Bestimme den Äquivalenzpunkt der Titrationskurve durch Verlängerung der geradlinigen Kurvenäste.
4. Bestimme die Gesamt-Stoffmengenkonzentration der für die Wasserhärte verantwortlichen Ionen.
5. Berechne die Gesamthärte der Untersuchungslösung in der Einheit  $1^\circ\text{dH}$  (Grad deutscher Härte).

Vereinfachend kann dabei angenommen werden  $1^\circ\text{dH}$  entspricht  $c(\text{Me}^{2+}) = 0,1783 \text{ mmol/l}$ .  
( $\text{Me}^{2+}$  = Wasserhärte verursachende Metall-Ionen)

**Literatur:**

Eisenbarth, Kohler, Kurtz: „Praktikum Chemie“, Verlag Ernst Klett, Stuttgart 1982  
Jander-Blasius: „Einführung in das anorganisch-chemische Praktikum“, Hirzel Verlag, Stuttgart Leipzig 1995

**17.25 Modellexperiment zur praktischen Lebensmittelchemie  
(Versuchsanleitung zur letzten Praktikumsstunde für 4 Arbeitsgruppen mit 4 Schülern)**

**Geräte:** 4 Kartoffelreiben bzw. eine elektrische Küchenmaschine mit Schnitzelwerk, 4 Schüsseln, 8 Baumwollhandtücher, 4 Schöpfkellen, 4 Pfannen (besser mehr, da mit das Braten schneller geht), 4 Wender, 8 Kochplatten, 4 Spüllappen;

pro Person: 1 (Küchen-)Messer, 1 Gabel, 1 Teller;

**Chemikalien:** 4 kg Kartoffeln, 12 Eier, 12 Esslöffel Grieß, 8 Zwiebeln, Salz, Pfeffer, Muskatnuss, nach Wunsch Petersilie oder Schnittlauch, 4 Gläser Apfelmus, 1 l Salatöl; (ergibt ca. 60 Kartoffelpuffer)

**Sicherheitshinweise:**

Es ist darauf zu achten,

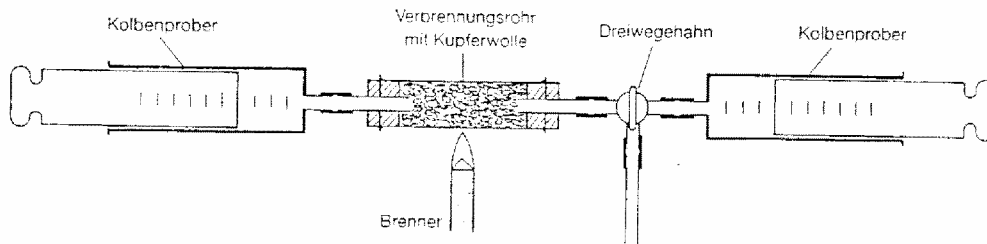
- dass die Arbeitsplätze frei von allen Chemikalienresten sind,
- dass kein Schüler eine ansteckende Krankheit hat,
- dass nur hygienisch einwandfreie Artikel verwendet werden,
- dass Heruntergefallenes nicht ungereinigt weiter verwendet wird,
- dass die Pfannen kippstabil auf den Brennstellen stehen.

**Durchführung: Die Herstellung von Kartoffelpuffern**

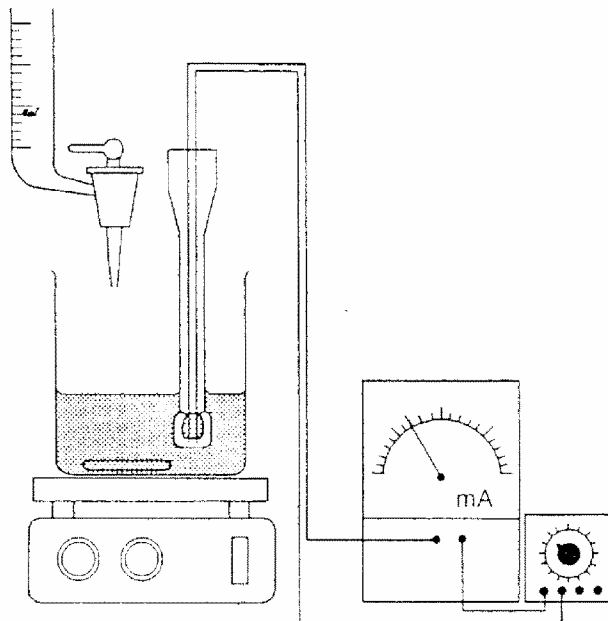
1. Kartoffeln und Zwiebeln schälen.
2. Kartoffeln reiben bzw. schnitzeln. Die geriebenen bzw. geschnitzelten Kartoffeln in ein Baumwollhandtuch geben und gut ausdrücken, damit der Teig später nicht zu dünnflüssig wird.
3. Eier aufschlagen und den Inhalt zu den Kartoffelschnitzeln geben.
4. Grieß zugeben.
5. Zwiebeln fein schneiden, mit den restlichen Gewürzen zum Teig geben und alles gut mischen. (Bei Zugabe von Schnittlauch sollte man die Zwiebelmenge reduzieren.)
6. Öl in der Pfanne erhitzen und die Puffer darin goldbraun ausbacken.
7. Kartoffelpuffer durch Inkorporation entsorgen.

Versuchsaufbau:

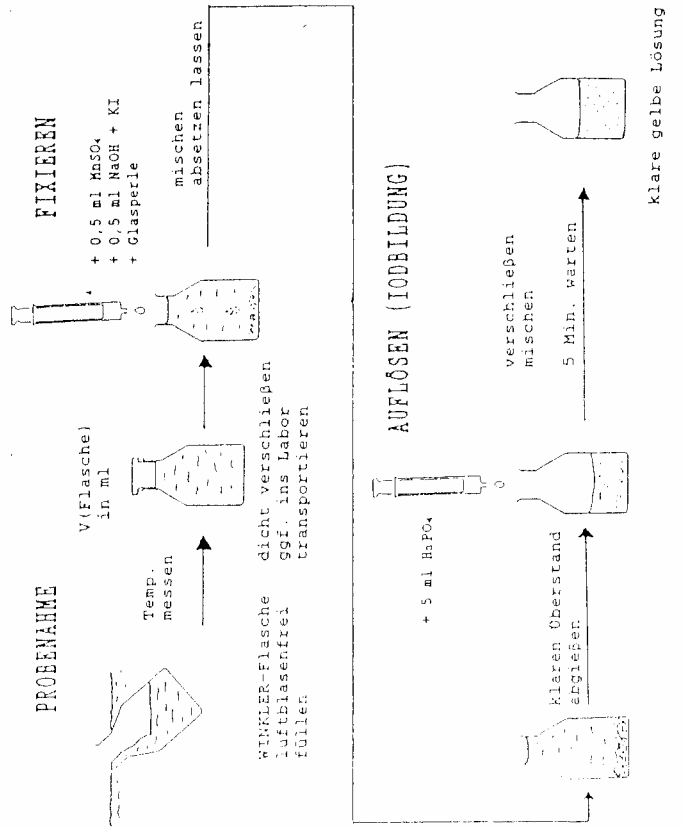
Quantitative Untersuchung der oxidierenden Wirkung von Sauerstoff-Treibgas



Versuchsaufbau: Leitfähigkeitstiteration



Bestimmung des Sauerstoffgehalts



Sättigungskonzentrationen von Sauerstoff in Wasser bei verschiedenen Temperaturen

t°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,16	14,12	14,08	14,04	14,00	13,97	13,93	13,89	13,85	13,81
1	13,77	13,74	13,70	13,66	13,63	13,59	13,55	13,51	13,48	13,44
2	13,40	13,37	13,33	13,30	13,26	13,22	13,19	13,15	13,12	13,08
3	13,05	13,01	12,98	12,94	12,91	12,87	12,84	12,81	12,77	12,74
4	12,70	12,67	12,64	12,60	12,57	12,54	12,51	12,47	12,44	12,41
5	12,37	12,34	12,31	12,28	12,25	12,22	12,18	12,15	12,12	12,09
6	12,06	12,03	12,00	11,97	11,94	11,91	11,88	11,85	11,82	11,79
7	11,76	11,73	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58	11,55	11,52	11,50
8	11,47	11,44	11,41	11,38	11,36	11,33	11,30	11,27	11,25	11,22
9	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03	11,00	10,98	10,95
10	10,92	10,90	10,87	10,85	10,82	10,80	10,77	10,75	10,72	10,70
11	10,67	10,65	10,62	10,60	10,57	10,55	10,53	10,50	10,48	10,45
12	10,43	10,40	10,38	10,36	10,34	10,31	10,29	10,27	10,24	10,22
13	10,20	10,17	10,25	10,23	10,21	10,19	10,16	10,14	10,12	10,10
14	9,98	9,95	9,93	9,91	9,89	9,87	9,85	9,83	9,81	9,78
15	9,76	9,74	9,72	9,70	9,68	9,66	9,64	9,62	9,60	9,58
16	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,45	9,43	9,41	9,39
17	9,37	9,35	9,33	9,31	9,30	9,28	9,26	9,24	9,22	9,20
18	9,18	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04	9,03
19	9,01	8,99	8,98	8,96	8,94	8,93	8,91	8,89	8,88	8,86
20	8,84	8,83	8,81	8,79	8,78	8,76	8,75	8,73	8,71	8,70
21	8,68	8,67	8,65	8,64	8,62	8,61	8,59	8,58	8,56	8,55
22	8,53	8,52	8,50	8,49	8,47	8,46	8,44	8,43	8,41	8,40
23	8,38	8,37	8,36	8,34	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,26
24	8,25	8,23	8,22	8,21	8,19	8,18	8,17	8,15	8,14	8,13
25	8,11	8,10	8,09	8,07	8,06	8,05	8,04	8,02	8,01	8,00
26	7,99	7,97	7,96	7,95	7,94	7,92	7,91	7,90	7,89	7,88
27	7,86	7,85	7,84	7,83	7,82	7,81	7,79	7,78	7,77	7,76
28	7,75	7,74	7,72	7,71	7,70	7,69	7,68	7,67	7,66	7,65
29	7,64	7,62	7,61	7,60	7,59	7,58	7,57	7,56	7,55	7,54
30	7,53	7,52	7,51	7,50	7,48	7,47	7,46	7,45	7,44	7,43