

Pläne für den fakultativen  
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht  
in der Erweiterten Oberschule

Lehrgang Qualitative Analyse

Lehrgang Makromolekulare Chemie

Lehrgang Chemisch-physikalische Untersuchungen

Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik

Ministerium für Volksbildung

---

Pläne für den fakultativen  
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht  
in der Erweiterten Oberschule

Lehrgang Qualitative Analyse

Lehrgang Makromolekulare Chemie

Lehrgang Chemisch-physikalische Untersuchungen

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1969

ES 10 C • Bestell-Nr. 03 30 10-1 • Lizenz Nr. 203 • 1000/69 (E)

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

Druck: Staatsdruckerei der Deutschen Demokratischen Republik

Lehrgang Qualitative Analyse

Der Plan für den fakultativen  
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht  
in der Erweiterten Oberschule  
Lehrgang Qualitative Analyse  
tritt am 1. September 1969  
in Kraft.

Berlin, April 1969

Ministerium für Volksbildung  
Prof. Dr. Kaiser  
Stellvertreter des Ministers

## Vorbemerkung

In diesem Lehrgang sollen die Schüler in ein wichtiges Gebiet der Wissenschaft Chemie, in die qualitative Analyse, eingeführt werden. Die Schüler sollen dabei ihr Wissen aus der allgemeinen und anorganischen sowie der organischen Chemie über den Nachweis von Elementen und Ionen festigen, vertiefen und erweitern. Die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler, Experimente selbständig zu planen, durchzuführen und auszuwerten sowie die erforderlichen Arbeitsmittel (Geräte, Apparaturen, Chemikalien) rationell und richtig einzusetzen, sollen vervollkommen werden.

Den Schülern ist bewußzumachen, daß die qualitative chemische Analyse in den verschiedensten Bereichen der sozialistischen Volkswirtschaft in vielfältiger Weise eingesetzt wird, z. B. zum Beurteilen der Qualität von Rohstoffen, Zwischen- und Fertigprodukten. Auf die Entwicklungstendenzen analytischer Verfahren (Hinwendung zu physikalischen und physikalisch-chemischen Verfahren) ist bei den einzelnen Stoffeinheiten einzugehen.

Der Lehrgang ist geeignet, das Interesse der Schüler am wissenschaftlichen Gegenstand zu vertiefen, sie zum Erkennen und Lösen von Problemen auf analytischem Gebiet anzuregen und sie zur Ausdauer und Exaktheit beim Experimentieren zu erziehen. Die Schüler sollen lernen, die analytischen Untersuchungen in den einzelnen Schülergruppen selbst zu planen und zu organisieren, Verantwortung für das Lösen der gestellten Aufgaben zu übernehmen und sich in kameradschaftlicher Weise untereinander zu helfen.

Der Lehrgang ist geeignet, das im obligatorischen Chemieunterricht der Klassen 9 und 10 erworbene Wissen der Schüler zu festigen, zu erweitern und zu vertiefen (z. B. Kenntnisse über den Bau der Stoffe und über chemische Reaktionen, über das Periodensystem der Elemente und die organische Chemie) sowie die Fähigkeiten der Schüler in der experimentellen Arbeit zu vervollkommen. Er bietet Möglichkeiten zur inhaltlichen Koordinierung mit der wissenschaftlich-praktischen Arbeit der Schüler, die auf der Grundlage des Rahmenprogrammes Chemotechnik tätig sind.

Beim Experimentieren ist auf sorgfältige, umfassende und saubere

Protokollführung zu achten. Es wird empfohlen, die Experimente von je zwei Schülern ausführen zu lassen. Zur Förderung der Selbsttätigkeit der Schüler stehen das weitgehend selbständige Aufbereiten des in den Klassen 9 und 10 erworbenen Wissens, das Einordnen dieser Kenntnisse in größere Zusammenhänge, die Arbeit mit der Literatur und insbesondere das Experimentieren im Mittelpunkt der Unterrichtsstunde.

Beim Experimentieren sind die Bestimmungen des Arbeitsschutzes und des Umgangs mit Giften zu beachten.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Vgl. Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der außerschulischen Arbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften (Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung 1967, Nr. 12 v. 30.6.67).

## Thematische Übersicht

Gesamtstundenzahl für den Lehrgang: 50 Stunden

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. Bedeutung und Aufgaben der analytischen Chemie  | 2 Stunden        |
| 2. Vorproben   | 7 bis 11 Stunden |
| 2.1. Untersuchungen mit dem Lötrohr  |                  |
| 2.2. Boraxproben am Magnesiastäbchen   |                  |
| 2.3. Soda-Salpeter-Schmelze  |                  |
| 2.4. Flammenfärbung  |                  |
| 2.5. Erhitzen im Glühröhrchen  |                  |
| 2.6. Verhalten gegen Säure   |                  |
| 3. Chemische Nachweisreaktionen für Kationen und Anionen   | 9 bis 12 Stunden |
| 3.1. Nachweisreaktionen für Kationen   |                  |
| 3.2. Nachweisreaktionen für Anionen  |                  |
| 4. Chromatographie   | 7 bis 10 Stunden |
| 5. Bestimmen von Schmelz- und Siedetemperaturen  | 5 bis 7 Stunden  |
| 6. Qualitative Analyse organischer Verbindungen  | 3 bis 5 Stunden  |
| 7. Qualitativer Nachweis charakteristischer Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen | 8 bis 12 Stunden |
| 8. Zusammenfassung   | 1 Stunde         |

## Inhalt des Lehrganges

1. Bedeutung und Aufgaben der analytischen Chemie 2 Stunden  
=====

Bedeutung und Aufgaben der analytischen Chemie in der wissenschaftlichen Forschung und in der sozialistischen Volkswirtschaft

Qualitativer Nachweis von Elementen, Ionen, Radikalen oder funktionellen Gruppen in chemischen Verbindungen, Stoffgemischen, Legierungen, Mineralien oder Gesteinen

Quantitative Bestimmung, Reinheitsprüfung

Methoden der analytischen Chemie (chemische Methoden, physikalisch-chemische Methoden, physikalische Methoden)

Zunehmende Bedeutung physikalisch-chemischer und physikalischer Methoden in der analytischen Chemie

2. Vorproben 7 bis 11 Stunden  
=====

In dieser Stoffeinheit sollen die Kenntnisse der Schüler über die qualitative Analyse von chemischen Verbindungen, über die Eigenschaften und die Zusammensetzung dieser Verbindungen sowie über chemische Reaktionen erweitert und vertieft werden. Zugleich sollen die Schüler ihre im obligatorischen Chemieunterricht erworbenen Fähigkeiten beim Umgang mit gebräuchlichen Laborgeräten anwenden und vervollkommen.

Beim Experimentieren sind die Schüler zu der Erkenntnis zu führen, daß die Vorproben wertvolle Hinweise auf die ungefähre Zusammensetzung der Verbindungen geben können. Es ist den Schülern bewußt zu machen, daß die in den Vorproben erkannten Elemente und Ionen stets sicher nachzuweisen sind, um ein exaktes Ergebnis zu erreichen.

Die Lötrohrprobe ist den Schülern als Reduktion von Salzschnmelzen auf der Kohle zu erläutern. Auf die Technik der Untersuchungen (oxydierendes und reduzierendes Blasen mit dem

Lötrohr) ist einzugehen.

Bei den Vorproben mit Hilfe der Boraxprobe ist das Vermögen von Borax, Metalloxide aufzulösen, zu erläutern. Die Schüler sollen bei den Experimenten erkennen, daß die Verwendung der Boraxprobe für analytische Untersuchungen begrenzt ist.

Bei den Experimenten zur Flammenfärbung sind die Kenntnisse der Schüler über die Flammenfärbungen von Natrium-, Kalium- und Kalziumverbindungen aus dem obligatorischen Chemieunterricht der Klasse 9 zu nutzen.

Das Erhitzen von Substanzen im Glühröhrchen und das Verhalten von Substanzen gegenüber Säuren sind hauptsächlich als Vorproben für Anionen zu erläutern.

## 2.1. Untersuchungen mit dem Lötrohr

Lötrohrproben als einfaches Hilfsmittel für qualitative Analysen

Thermische Zersetzung von Salzen und Oxiden unter teilweise schwach reduzierenden Bedingungen

Verpuffen von Nitriten, Nitraten, Chloraten und Jodaten beim Erhitzen vor dem Lötrohr

Technik der Untersuchungen (oxydierendes und reduzierendes Blasen mit dem Lötrohr)

### Experimente

Erhitzen einer kleinen Substanzprobe vor dem Lötrohr auf Holzkohle

Erhitzen einer Substanzprobe mit Natriumkarbonat (wasserfrei) vor dem Lötrohr auf Holzkohle

Oxydierendes und reduzierendes Blasen mit dem Lötrohr (als Vorbedingung für die Untersuchungen)

Untersuchen verschiedener Substanzproben mit dem Lötrohr

### Chemikalien und Geräte

Verschiedene Salze und Oxide zur Untersuchung; Natriumkarbonat (wasserfrei), Holzkohle, Lötrohr

## 2.2. Boraxproben am Magnesiastäbchen

Geschmolzenes Borax als glasähnlicher Stoff

Anfärben von Gläsern durch Metall-Ionen

Technisch-praktische Bedeutung des Anfärbens von Gläsern

Technik der Untersuchungen (Beachten der oxydierenden und reduzierenden Zonen der Gasflamme)

### Experimente

Anfertigen von Boraxperlen in der Gasflamme

Färben der Perlen durch Zusätze von Salzen

### Chemikalien und Geräte

Verschiedene Salze zur Untersuchung; Borax, Magnesiastäbchen

## 2.3. Soda-Salpeter-Schmelze

Oxydation von Manganverbindungen zu Kaliummanganat(VI) und von Chromverbindungen zu Kaliumchromat durch Schmelzen mit Natriumkarbonat und Kaliumnitrat

Natriumkarbonat als Hilfsmittel zum Herabsetzen der Schmelztemperaturen

Kaliumnitrat als Oxydationsmittel in Schmelzen

### Experimente

Anfertigen von Soda-Salpeter-Schmelzen auf der Magnesiarinne

### Chemikalien und Geräte

Chrom- und Mangansalze zur Untersuchung; Natriumkarbonat (wasserfrei), Kaliumnitrat, Magnesiarinne

## 2.4. Flammenfärbung

Flammenfärbungen von Natrium-, Kalium- und Kalziumverbindungen (Wiederholung)

Färbung der entleuchteten Gasflamme durch flüchtige Salze der Alkali- und Erdalkalimetalle

Emissionsspektren von Metaldämpfen (Zustandekommen von Emissions-Linienspektren durch Übergang des Leuchtelektrons aus einem angeregten in den Grundzustand)

Bestimmen der Metalle Natrium, Kalium, Kalzium,  
Strontium und Barium aus den Flammenfärbungen

Experimente

Beobachten der Flammenfärbungen von Alkali- und Erdalkalimetallen

Betrachten der Spektren mit dem Schulspektralapparat

Chemikalien und Geräte

Salze der Alkali- und Erdalkalimetalle zur Untersuchung; Chlorwasserstoffsäure, Magnesiastäbchen, Schulspektralapparat

2.5. Erhitzen im Glühröhrchen

Thermisches Verhalten von Metall- und Ammoniumsalzen

Experimente

Erhitzen von Salzen im Glühröhrchen

Chemikalien und Geräte

Verschiedene Metall- und Ammoniumsalze zur Untersuchung; Glasstab, Lackmuspapier, Glühröhrchen

2.6. Verhalten gegen Säure

Abgabe von Gasen aus bestimmten Salzen bei Zugabe von verdünnter (2 n) Schwefelsäure

Formulieren der Reaktionsgleichungen

Experimente

Zugeben von verdünnter Schwefelsäure zu verschiedenen Salzen im Reagenzglas und Prüfen der sich entwickelnden Gase

Chemikalien und Geräte

Verschiedene Salze zur Untersuchung; 2 n Schwefelsäure, Kalkwasser (zum Nachweis von Kohlendioxid), Glasstab, Lackmuspapier

3. Chemische Nachweisreaktionen für

Kationen und Anionen

9 bis 12 Stunden

=====

Bei den chemischen Nachweisreaktionen für Kationen und Anionen sind die im obligatorischen Chemieunterricht der Klasse 9 erworbenen Kenntnisse der Schüler über den Nachweis von Elementen und Ionen zu vertiefen und zu erweitern. In dieser Stoffeinheit sollen die Schüler erkennen, daß verschiedene Verfahren entwickelt worden sind, Elemente und Ionen nachzuweisen. Die Schüler sollen an geeigneten Beispielen Spezialreagenzien kennenlernen und an Reaktionen auf der Tüpfelplatte herangeführt werden.

Die Schüler sollen befähigt werden, aus unbekanntem Substanzen drei bis vier verschiedene Ionen nebeneinander nachzuweisen.

Auf das Formulieren der Reaktionsgleichungen ist besonderer Wert zu legen.

Bei den Experimenten sind die Schüler zu exaktem und sauberem Arbeiten anzuhalten. Es ist ihnen bewußtzumachen, daß unsauberes und oberflächliches Arbeiten zu Fehlern bei den Analyseergebnissen führt.

### 3.1. Nachweisreaktionen für Kationen

Nachweis von Kalium-, Kalzium-, Eisen- und Ammonium-Ionen (Wiederholung)

Wesentliche Nachweisreaktionen für weitere Kationen (z. B. Chrom-, Mangan-, Kobalt-, Zink-, Blei-, Kupfer-, Silber-, Magnesium-Ionen)

Hinweis auf den Kationentrennungsgang

Wesen und Bedeutung von Spezialreagenzien in der Analyse  
Reaktionen auf der Tüpfelplatte

#### Experimente

Nachweisen verschiedener Kationen (z. B. Kalium-, Chrom-, Eisen-, Mangan-, Kobalt-, Zink-, Blei-, Kupfer-, Silber-, Magnesium-, Kalzium-Ionen)

Analysieren unbekannter Substanzen (höchstens drei Kationen)

#### Chemikalien und Geräte

Verschiedene Salze zur Untersuchung; entsprechende Reagenzien, Reagenzgläser, Pipetten, Mikroskop, Tüpfelplatte, Tüpfelpapier,

Objektträger

### 3.2. Nachweisreaktionen für Anionen

Nachweis von Chlorid-, Karbonat-, Sulfat- und Nitrat-Ionen  
(Wiederholung)

Wesentliche Nachweisreaktionen für weitere Anionen (z. B. Bromid-, Jodid-, Chromat-, Äthanat-, Phosphat-Ionen)

#### Experimente

Nachweisen verschiedener Anionen (z. B. Chlorid-, Bromid-, Jodid-, Sulfat-, Chromat-, Karbonat-, Nitrat-, Äthanat- und Phosphat-Ionen)

Analysieren unbekannter Substanzen (höchstens drei Anionen)

#### Chemikalien und Geräte

Verschiedene Salze zur Untersuchung; entsprechende Reagenzien, Reagenzgläser, Pipetten

### 4. Chromatographie

7 bis 10 Stunden

=====

Mit der Chromatographie lernen die Schüler ein physikalisch-chemisches Verfahren in der qualitativen Analyse kennen. Die Schüler sollen erkennen, daß die Chromatographie in der anorganischen, vor allem aber in der organischen analytischen Chemie angewandt wird.

Bei der Behandlung der Chromatographie ist besonders auf die Papierchromatographie einzugehen. Es ist den Schülern zu erläutern, daß die Papierchromatographie für analytische Zwecke äußerst leistungsfähig ist und daher in vielen chemischen Laboratorien angewandt wird. Bei der Papierchromatographie soll vor allem auf die Trennmethode näher eingegangen werden.

Die Stoffeinheit bietet Gelegenheit, verschiedene Methoden der analytischen Chemie auf die Eindeutigkeit der Nachweisreaktion hin zu vergleichen.

Wesen und Bedeutung der Chromatographie als physikalisch-chemisches Analyseverfahren

Anwendungsgebiete der Chromatographie

Verteilungs- und Adsorptionschromatographie , stationäre und mobile Phase

Sicheres Unterscheiden von Substanzlösung und Laufmittel

Arten der Chromatographie: Säulen-, Papier-, Dünnschicht- und Gaschromatographie

Bedeutung der Papierchromatographie

Praktische Durchführung der Papierchromatographie: aufsteigend, absteigend, Rundfilter, mehrdimensional

Vergleichen der chromatographischen Trennverfahren mit anderen analytischen Verfahren

### Experimente

Trennen anorganischer Ionen mit Hilfe des Verfahrens zur aufsteigenden Chromatographie (z. B. Nickel-, Mangan-, Kobalt- und Zink-Ionen; Aluminium-, Chrom- und Eisen-Ionen; Lithium-, Kalium- und Natrium-Ionen; Fluorid-, Chlorid-, Bromid- und Jodid-Ionen)

Trennen organischer Substanzgemische mit Hilfe des Verfahrens zur aufsteigenden Chromatographie (z. B. Blattgrün-Extrakt)

Trennen anorganischer und organischer Substanzen mit Hilfe der Rundfilterchromatographie (z. B. Aluminium-, Chrom- und Eisen-Ionen; Lithium-, Kalium- und Natrium-Ionen; Blattgrün-Extrakt)

### Chemikalien und Geräte

Verschiedene Salze sowie Blattgrün-Extrakt zur Untersuchung; organische Lösungsmittel zum Zusammenstellen der Phasen, Entwicklungssubstanzen, Chromatographiepapier, Weckgläser mit Deckel, Zerstäuber, Analysenquarzlampe

5. Bestimmen von Schmelz- und Siedetemperaturen

5 bis 7 Stunden

=====

In dieser Stoffeinheit sollen die Schüler zwei weitere physikalische Bestimmungsmethoden von Verbindungen kennenlernen. Den Schülern ist bewußtzumachen, daß für das Erkennen und für das Ermitteln der Reinheit von Stoffen das Messen physikalischer Konstanten sehr wichtig ist.

Beim Bestimmen der Schmelztemperaturen sollen die Schüler mehrere Untersuchungen mit der Probe durchführen, um zu eindeutigen Werten zu gelangen. Dabei sind organische Substanzen zu verwenden.

Beim Bestimmen von Siedetemperaturen sind ebenfalls organische Substanzen einzusetzen. Auf die Bedeutung der Siedetemperaturbestimmung bei der Destillation von Flüssigkeiten ist hinzuweisen.

Schmelz- und Siedetemperatur als charakteristische physikalische Konstanten von Elementen und Verbindungen

Konstanz von Schmelz- und Siedetemperatur als Kriterium für die Reinheit

Hinweis auf azeotrope Gemische

### Experimente

Bestimmen der Schmelztemperatur organischer Substanzen (z. B. Oxalsäure)

Bestimmen der Siedetemperatur organischer Substanzen (z. B. Tetrachlormethan)

### Chemikalien und Geräte

Organische Substanzen zur Untersuchung (z. B. Oxalsäure, Tetrachlormethan); Apparatur zum Bestimmen der Schmelztemperatur, Schmelztemperaturröhrchen, Apparatur zum Bestimmen der Siedetemperatur

## 6. Qualitative Analyse organischer Verbindungen 3 bis 5 Stunden =====

In dieser Stoffeinheit sollen die Schüler ihr Wissen und Können aus der Klasse 11 über den Nachweis von Kohlenstoff, Wasserstoff, Chlor, Stickstoff und Schwefel auf die Analyse unbekannter organischer Verbindungen anwenden. Den Schülern sind Proben unbekannter organischer Verbindungen zum Nachweis der Elemente zu übergeben.

Nachweis von Kohlenstoff, Wasserstoff, Chlor, Stickstoff und Schwefel in organischen Verbindungen (Wiederholung)

Vergleichen der Nachweisreaktionen für die Elemente Chlor, Stickstoff und Schwefel in anorganischen und organischen Verbindungen

### Experimente

Untersuchen unbekannter organischer Verbindungen (z. B. Paraffinöl, Tetrachlormethan, Harnstoff, Wolle) auf Kohlenstoff, Wasserstoff, Chlor, Schwefel und Stickstoff

### Chemikalien und Geräte

Organische Verbindungen (z. B. Paraffinöl, Tetrachlormethan, Harnstoff, Wolle) zur Untersuchung; Kupfer(II)-oxid, Kupfer(II)-sulfat, Bariumhydroxidlösung, Chlorwasserstoffsäure, Silbernitratlösung, Bleiäthanatpapier, Halter mit Kupferschlinge, Uhrglasschalen, Reaktionskolben

7. Qualitativer Nachweis charakteristischer  
Elemente in anorganischen und organischen  
Verbindungen

8 bis 12 Stunden

=====

In dieser Stoffeinheit sollen die Schüler das in den vorangegangenen Stoffeinheiten erworbene Wissen im Komplex anwenden. Die Schüler sollen charakteristische Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen nachweisen. Solche Untersuchungssubstanzen können sein: Bodenproben, einfache Legierungen, Gemische verschiedener Salze (z. B. Mineraldünger), makromolekulare Stoffe (Kohlenhydrate, Eiweiße, synthetische Makromolekulare). Dabei soll den Schülern die Bedeutung analytischer Untersuchungen für das Lösen produktionstechnischer Probleme bewußt gemacht werden.

Die Auswahl der Untersuchungssubstanz ist dem Lehrer überlassen. Es empfiehlt sich, Verbindungen zu chemischen Laboratorien (Hoch- und Fachschulen, Betriebe, medizinische Einrichtungen) aufzunehmen. Es sollen keine Verfahren bei den Experimenten eingesetzt werden, die im Laufe des Lehrganges noch nicht behandelt worden sind (z. B. Aufschlüsse).

8. Zusammenfassung  
=====

1 Stunde

Übersicht über das Gebiet der qualitativen Analyse  
Gliederung der analytischen Verfahren nach den Methoden  
Anteil physikalischer und physikalisch-chemischer Methoden  
Ausblick auf moderne analytische Verfahren

Erkennen der objektiv begründeten gegenseitigen Zusammen-  
hänge zwischen angewandter Physik und angewandter Chemie  
im Bereich der qualitativen Analyse

### Literaturhinweise für den Lehrer

Autorenkollektiv: Anorganikum. 2. Auflage, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968.

Felber, W., J. Hampel und R. Opitz: Laborkunde, Bd. II. 3. Auflage, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1969.

## Lehrgang Makromolekulare Chemie

Der Plan für den fakultativen  
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht  
in der Erweiterten Oberschule  
Lehrgang Makromolekulare Chemie  
tritt am 1. September 1969  
in Kraft.

Berlin, April 1969

Ministerium für Volksbildung  
Prof. Dr. Kaiser  
Stellvertreter des Ministers

## Vorbemerkung

In diesem Lehrgang sollen die Schüler ihre Kenntnisse über organische makromolekulare Stoffe aus dem obligatorischen Chemieunterricht der Klasse 11 festigen und erweitern. Die Schüler sollen durch die Behandlung der Grundreaktionen zur Bildung synthetischer makromolekularer Stoffe und ihrer technischen Herstellung und Anwendung tiefer in die Probleme und Fragestellungen der makromolekularen Chemie eingeführt werden und weitere synthetische Stoffe (Polymerisate und Polyaddukte) kennenlernen. Damit können die Schüler ihr Wissen über Polymere, die in der sozialistischen Volkswirtschaft vielseitig eingesetzt werden, festigen und vertiefen. Die Fähigkeiten der Schüler zum Vorbereiten, Durchführen und Auswerten von Experimenten sowie zum richtigen Gebrauch der erforderlichen Arbeitsmittel sollen weiterentwickelt werden.

Bei der Behandlung der Synthesen von Polymerisaten und Polyaddukten sind die Leistungen der Werktätigen bei der weiteren Entwicklung der chemischen Industrie der DDR zu würdigen. Bei den Schülern soll das Gefühl des Stolzes auf unsere Errungenschaften vertieft und die Bereitschaft erzeugt werden, diese Errungenschaften zu verteidigen. Ausgehend von den Erfordernissen der wissenschaftlich-technischen Revolution ist den Schülern bewußtzumachen, daß die Stellung unserer chemischen Industrie unter den führenden Industriestaaten der Welt in entscheidendem Maße von der raschen Entwicklung der Plast- und Chemiefaserproduktion abhängt. Auf die Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten auf dem Gebiet der Plastchemie sowie auf die Hilfe der Sowjetunion bei der Bereitstellung von Rohstoffen (Erdöl) ist einzugehen.

Der Lehrgang sieht vor, Polyakrylsäureabkömmlinge, Polyvinylverbindungen, organische Fluorverbindungen und Polyaddukte zu behandeln. Wegen der notwendigen Vorleistungen aus dem obligatorischen Chemieunterricht der Klasse 11 (Stoffeinheit: Grundreaktionen zur Bildung makromolekularer Stoffe) beginnt der Lehrgang in der zweiten Hälfte der Klasse 11.

Der Lehrer kann, den materiellen Bedingungen entsprechend, von den fünf zur Verfügung stehenden Stoffeinheiten drei auswählen;

dabei ist es möglich, die Stoffeinheiten in der Reihenfolge zu variieren. In jedem Fall ist es jedoch erforderlich, mit der Stoffeinheit 1 zu beginnen.

Der Lehrgang bietet Möglichkeiten zur inhaltlichen Koordinierung mit der wissenschaftlich-praktischen Arbeit der Schüler, die auf der Grundlage des Rahmenprogrammes Chemotechnik tätig sind.

Beim Vorbereiten seines Unterrichts sollte der Lehrer vom Wissen und Können ausgehen, das die Schüler im obligatorischen Chemieunterricht der Klassen 10 und 11 über makromolekulare Stoffe erworben haben. Zugleich soll der Lehrer die Kenntnisse der Schüler über die unterschiedlichen Verwendungszwecke und Eigenschaften, Bearbeitungs- und Einsatzmöglichkeiten makromolekularer Verbindungen aus dem polytechnischen Unterricht in den Unterricht einbeziehen. Bei der Behandlung der Polymerisate und der Polyaddukte sollen hauptsächlich die chemischen Reaktionen und die Eigenschaften der Endprodukte, nicht so sehr die technologischen Einzelheiten der Synthesen im Vordergrund stehen.

Zur Förderung der Selbsttätigkeit der Schüler stehen das weitgehend selbständige Aufbereiten des in den Klassen 9 bis 11 erworbenen Wissens, das Einordnen dieser Kenntnisse in größere Zusammenhänge, die Arbeit mit der Literatur und insbesondere das Experimentieren im Mittelpunkt der Unterrichtsstunde.

Bei den experimentellen Aufgaben sind die Bestimmungen des Arbeitsschutzes und des Umgangs mit Giften zu beachten. <sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Vgl. Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der außerschulischen Arbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften (Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung 1967, Nr. 12 vom 30.6.67).

## Thematische Übersicht

Gesamtstundenanzahl für den Lehrgang: 25 Stunden

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. Einführung in das Arbeitsgebiet "Makromolekulare Chemie" und vertiefte Behandlung der theoretischen Grundlagen von Polymerisationsreaktionen | 8 bis 12 Stunden |
| 1.1. Einführung in die makromolekulare Chemie   |                  |
| 1.2. Theoretische Grundlagen der Polymerisationsreaktionen  |                  |
| 1.3. Strukturprobleme polymerer Verbindungen  |                  |
| 1.4. Charakterisierung polymerer Verbindungen und deren physikalische Eigenschaften   |                  |
| 2. Polyakrylsäureabkömmlinge  | 5 bis 7 Stunden  |
| 2.1. Synthese der Monomeren   |                  |
| 2.2. Polymerisation der Monomeren und Verarbeitung der Polymeren  |                  |
| 3. Polyvinylverbindungen  | 4 bis 6 Stunden  |
| 3.1. Synthese der Monomeren   |                  |
| 3.2. Polymerisation der Monomeren und Verarbeitung der Polymeren  |                  |
| 4. Organische Fluorverbindungen   | 6 bis 8 Stunden  |
| 4.1. Synthese von Fluoralkanen  |                  |
| 4.2. Polymerisation von Tetrafluoräthylen und Verarbeitung des Polymeren  |                  |
| 5. Polyaddukte  | 6 bis 10 Stunden |
| 5.1. Theoretische Grundlagen der Polyadditionsreaktionen  |                  |

- 5.2. Wichtige Kohlensäurederivate
- 5.3. Synthese von Polyurethanen und  
Epoxyharzen

## Inhalt des Lehrganges

### 1. Einführung in das Arbeitsgebiet

"Makromolekulare Chemie" und vertiefte  
Behandlung der theoretischen Grundlagen  
von Polymerisationsreaktionen  
=====

8 bis 12 Stunden

Die Schüler werden in dieser Stoffeinheit tiefer in die makromolekulare Chemie eingeführt. Dabei werden ihre Kenntnisse aus dem obligatorischen Chemieunterricht über die Einteilungsprinzipien makromolekularer Stoffe gefestigt und ergänzt.

Den Schülern wird gezeigt, daß gegenwärtig technisch wichtige Polymerisate vor allem durch Polymerisation solcher Monomere hergestellt werden, die Kohlenstoffdoppelbindungen im Molekül enthalten. Darüber hinaus ist es möglich, solche Monomere zu polymerisieren, deren Doppelbindung aus Kohlenstoff und einem Heteroatom (Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff) aufgebaut ist. Dadurch wird die Anzahl polymerisierbarer Verbindungen erweitert.

Der aus der Klasse 11 den Schülern bekannte Reaktionsmechanismus der radikalischen Polymerisation soll wiederholt und durch die Begriffe der kationischen und anionischen Polymerisation erweitert werden. Die Schüler sollen Kenntnisse über die Abhängigkeiten der Eigenschaften der Polymeren vom räumlichen Bau der Makromoleküle erwerben.

Bei den auszuführenden Experimenten sollen die Schüler die technischen Möglichkeiten für Polymerisationen kennenlernen. Dabei können die Begriffe Initiator, Regler, Überträger, Inhibitor und Stabilisator erläutert werden.

#### 1.1. Einführung in die makromolekulare Chemie

Gegenstand des Arbeitsgebietes, Einteilung makromolekularer Stoffe in Naturstoffe, abgewandelte Naturstoffe und Synthetika (Wiederholung)

Einteilung der synthetischen Produkte

- nach ihrer chemischen Struktur in Polymerisate, Polyaddukte und Polykondensate

- nach ihren physikalischen Eigenschaften und Verarbeitungsmethoden in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere

## 1.2. Theoretische Grundlagen der Polymerisationsreaktionen

Strukturmerkmale polymerisationsfähiger Stoffe

Radikalkettenpolymerisation: Startreaktion, Kettenwachstum, Abbruchreaktion, Polymerisationsgrad (Wiederholung)

Polymerisierbare Verbindungstypen

Erkennen, daß nicht nur Verbindungen mit Kohlenstoffdoppelbindungen polymerisierbar sind, sondern auch Verbindungen, deren Doppelbindung aus Kohlenstoff und einem Heteroatom bestehen

Ionische Polymerisation als kationische oder anionische Polymerisation: Ionenbildung, Kettenwachstum, Abbruch der Ketten  
Begriffe: Initiator, Regler, Überträger, Inhibitor, Stabilisator  
Hinweis auf technische Möglichkeiten der Durchführung von Polymerisationen als Block-, Lösungs-, Emulsions- und Suspensionspolymerisation

Erläutern des Unterschiedes zwischen Radikalketten- und Ionenkettenpolymerisation

Darstellen der prinzipiellen Möglichkeiten zur Durchführung von Polymerisationen

## Experimente

Blockpolymerisation von Styrol

Polymerisation von Styrol ohne Katalysator, unter Zusatz von Katalysator und unter Zusatz von Katalysator und Inhibitor (Hydrochinon)

## Chemikalien und Geräte

Styrol zur Untersuchung; Dibenzoylperoxid, Hydrochinon, Trockenschrank, Destillationsapparatur

## 1.3. Strukturprobleme polymerer Verbindungen

Ataktische, isotaktische und syndiotaktische Polymere

Kopf-Schwanz- und Kopf-Kopf-Verknüpfung

Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften vom räumlichen Bau (kristalline und amorphe Struktur der Polymere)

Erkennen des Einflusses des räumlichen Baus auf die Eigenschaften hochpolymerer Produkte

#### 1.4. Charakterisierung polymerer Verbindungen und deren physikalische Eigenschaften

Charakterisieren von physikalischen Eigenschaften einzelner polymerer Verbindungen, z. B. Dichte, spezifische Wärme, Wärmeleitfähigkeit, Dielektrizitätskonstante, elektrische Leitfähigkeit, Löslichkeit, Erweichungstemperaturen

Verwendung der polymeren Verbindungen in verschiedenen Bereichen der sozialistischen Volkswirtschaft

Vergleichen (Vor- und Nachteile) der Plaste gegenüber anderen Werkstoffen

#### Experimente

Identifizieren von Polymeren (Vorproben an Plasten, Beilsteinprobe, Flammenproben)

Herstellen eines PVC-Klebers

Prüfen der Dichte verschiedener Plaste

Erweichungstemperaturen von Thermoplasten

#### Chemikalien und Geräte

Plastproben und PVC-Pulver zur Untersuchung; Halter mit Kupferschlinge, Thermometer (bis 200 °C)

#### 2. Polyakrylsäureabkömmlinge

5 bis 7 Stunden

Die Schüler werden in dieser Stoffeinheit mit der Synthese und der Polymerisation wichtiger Akrylsäurederivate vertraut gemacht. Dabei ist von den Reaktionen des Äthins, die in Klasse 10 behandelt wurden, auszugehen. Die Darstellung von Akrylnitril aus Äthin ist zu wiederholen; auf die Synthese von Akrylnitril auf der Basis Äthen und Propen ist einzugehen. An diesem Beispiel kann erneut veranschaulicht werden, daß mit Hilfe der Sowjetunion in der DDR die Äthinchemie auf Petrochemie umgestellt wird.

Im Polyakrylnitril lernen die Schüler ein weiteres verspinnbares

Polymer kennen. Die Kenntnisse der Schüler über die bereits bekannten Reaktionen des Äthins werden durch die Karbonylierungsreaktionen, die zu Akrylsäurederivaten führen, erweitert.

### 2.1. Synthese der Monomeren

Karbonylierungsreaktionen des Äthins

Darstellung von Akrylsäure, Akrylsäurealkylestern, Akrylsäureamiden

Synthese des Methakrylsäuremethylesters aus Propanon und Zyanwasserstoff

Synthese von Akrylnitril über Äthylenoxid

Hinweis auf die Ammonoxydation von Propen zur Herstellung von Akrylnitril

Kennzeichnen der Bedeutung der Umstellung der Äthinchemie auf Petrolchemie

### 2.2. Polymerisation der Monomeren und Verarbeitung der Polymeren

Polymerisation von Akrylnitril (Wiederholung)

Verspinnung des polymeren Akrylnitrils zur Faser (Wolpryla)

Polymerisation von Methakrylsäuremethylester zu Polymethakrylat und dessen Depolymerisation

Beschreiben von Verarbeitungsmöglichkeiten der polymeren Akrylsäurederivate

### Experimente

Lösungspolymerisation von Akrylnitril und Verspinnen dieser

Lösung zur Polyakrylnitrilfaser

Depolymerisation von Polymethakrylat

### Chemikalien und Geräte

Akrylnitril und Proben von Polymethakrylat (Piacryl) zur Untersuchung; Kaliumperoxydisulfat

## 3. Polyvinylverbindungen

4 bis 6 Stunden

=====

In dieser Stoffeinheit kann das Wissen der Schüler über die Herstellung, die Polymerisation und die Eigenschaften der einfach-

sten Vinylverbindung, dem Monochloräthen (Vinylchlorid) aus den Klassen 10 und 11 wiederholt werden. Die Schüler lernen in dieser Stoffeinheit neue polymerisierbare Vinylverbindungen kennen, die in unserer Republik technisch auf Äthinbasis hergestellt werden. Die Kenntnisse der Schüler über die chemischen Eigenschaften des Äthins werden durch das Kennenlernen der Vinylierungsreaktionen erweitert. Die Vinylierungsreaktion ist den Schülern als Reaktion von Äthin beziehungsweise dessen Monosubstitutionsprodukten mit organischen Verbindungen, die funktionelle Gruppen mit beweglichen Wasserstoffatomen tragen, zu erklären.

### 3.1. Synthese der Monomeren

Synthese von Vinylverbindungen aus Äthin

Begriff der Vinylierung

Herstellung von monomerem Vinyläther und Vinylazetat

Beschreiben der Herstellung von Vinylverbindungen durch Vinylierungsreaktionen des Äthins

### 3.2. Polymerisation der Monomeren und Verarbeitung der Polymeren

Polymerisation von Vinylazetat

Verwendung der Polymeren

Hinweis auf die technische Verwendung von Latex-Anstrichstoffen

Herstellung von Polyvinylalkohol durch Hydrolyse von Polyvinylazetat

Umlagerung des Vinylalkohols in Äthanal

Polymerisation von Vinyläther und Verwendung des Polymeren

Beschreiben der Verwendung von polymeren Vinylverbindungen

### Experimente

Untersuchen der thermischen Stabilität von Polyvinylverbindungen

Untersuchen der Beständigkeit von Polyvinylverbindungen gegenüber organischen Lösungsmitteln

### Chemikalien und Geräte

Polyvinylverbindungen zur Untersuchung; organische Lösungsmittel, Gasbrenner, Reagenzgläser

=====

In dieser Stoffeinheit ist den Schülern darzulegen, daß organische Fluorverbindungen im Unterschied zu organischen Chlor- und Bromverbindungen wegen der stark exothermen Reaktion nicht durch direkte Halogenierung herzustellen sind. In den letzten Jahren sind aber Synthesen entwickelt worden, die eine großtechnische Produktion organischer Fluorverbindungen (durch Verwendung von Metallfluoriden, wasserfreiem Fluorwasserstoff usw.) ermöglichen.

Den Schülern ist zu zeigen, daß organische Fluorverbindungen wegen ihrer Eigenschaften (niedrige Siedetemperatur, Ungiftigkeit, chemische Widerstandsfähigkeit) vielfältig in der sozialistischen Volkswirtschaft als Kältemittel, als Lösungsmittel sowie als Treibmittel für Aerosole und Plastiksäume eingesetzt werden.

Die Kenntnisse der Schüler über radikalische Substitution beim Herstellen von Alkylhalogeniden sind zu nutzen.

#### 4.1. Synthese von Fluoralkanen

Herstellung organischer Fluorverbindungen aus Alkylhalogeniden durch Reaktionen mit Fluorüberträgern

Verwendung der organischen Fluoralkane in der sozialistischen Volkswirtschaft als Kälte-, Lösungs- und Treibmittel

Darstellen der Synthese von Fluoralkanen und der Eigenschaften organischer Fluorverbindungen

#### 4.2. Polymerisation von Tetrafluoräthylen und Verarbeitung des Polymeren

Synthese von Tetrafluoräthylen aus Trichlormethan und wasserfreiem Fluorwasserstoff

Polymerisation von Tetrafluoräthylen zu Polytetrafluoräthylen  
Eigenschaften und Verwendung des Polytetrafluoräthylens

Darstellen der Synthese und Eigenschaften von Polytetrafluoräthylen

Mit der Polyaddition lernen die Schüler neben der Polymerisation und Polykondensation eine weitere chemische Reaktion zur Herstellung von Makromolekülen kennen. Den Schülern ist die Polyaddition als chemischer Reaktionstyp zu erläutern, bei dem sich aus verschiedenartigen, niedermolekularen, di- oder polyfunktionellen Verbindungen makromolekulare Produkte durch Addition bilden. Es ist darauf hinzuweisen, daß im Gegensatz zur Polykondensation die Polyaddition ohne Abspaltung eines niedermolekularen Reaktionsproduktes verläuft.

Den Schülern ist deutlich zu machen, daß die Epiloxharze in der Metallklebetechnik auf allen Gebieten der sozialistischen Volkswirtschaft, besonders im Maschinenbau, in der Elektrotechnik, in der Feinmechanik, im Flugzeug- und Fahrzeugbau sowie auf dem Reparatursektor in immer größerem Maße eingesetzt werden. Sie sollen erkennen, daß die Metallklebetechnik solchen Techniken des Fügens, wie Schweißen, Nieten und Löten, gleichkommt oder ihnen noch überlegen ist. Den Schülern ist bewußtzumachen, daß es in vielen Wirtschaftszweigen durch den verstärkten Einsatz von Epiloxharzen in der Metallklebetechnik möglich ist, die Arbeitsproduktivität zu erhöhen und die Selbstkosten zu senken.

Die Synthesen der Ausgangsstoffe und der Polyaddukte sollen an je einem Beispiel erklärt werden. Zur Einführung in die Polyurethanchemie wird ein kurzer Überblick über Kohlensäurederivate gegeben.

### 5.1. Theoretische Grundlagen der Polyadditionsreaktionen

Begriff und Wesen der Polyaddition

Wichtige technische Polyaddukte und ihre Verwendung

Anwenden der Polyaddition zur Herstellung makromolekularer Stoffe

### 5.2. Wichtige Kohlensäurederivate

Phosgen (Darstellung und Eigenschaften)

Begriff des Kohlensäureesters

Amide der Kohlensäure (Karbamidsäure, Urethane, Harnstoff)

Kennzeichnen der Bedeutung wichtiger Kohlensäurederivate  
für die Herstellung von Polyaddukten

### 5.3. Synthese von Polyurethanen und Epiloxharzen

Synthese von Isozyanaten, dargestellt am Beispiel von  
Hexamethyldiisocyanat und Toluylendiisocyanat  
Reaktion der Diisocyanate mit Diolen

Beschreiben der Synthese von Polyurethanen

Synthese des 2,2-Di(p-hydroxyphenyl-)propan (Dian) aus  
Propanon und Phenol

Synthese von Epichlorhydrin

Synthese von Epiloxharzen

Prinzip der Härtung von Epiloxharzen

Eigenschaften von Epiloxharzen sowie deren Verwendung in der  
sozialistischen Volkswirtschaft

Beschreiben der Synthese von Epiloxharzen

Erkennen der Bedeutung von Epiloxharzen in der Metall-  
klebetechnik

### Experimente

Kleben von Metallstreifen mit Epiloxharzen

Aushärten von Epiloxharzen bei verschiedenen Temperaturen

### Chemikalien und Geräte

Epiloxharze zur Untersuchung; Metallstreifen, Thermometer

## Literaturhinweise für den Lehrer

Beyer, H.: Lehrbuch der organischen Chemie. 15./16. Auflage, S. Hirzel Verlag, Leipzig 1968.

Rieche, A.: Grundriß der technischen organischen Chemie. S. Hirzel Verlag, Leipzig 1965.

Runge, F.: Einführung in die Chemie und Technologie der Kunststoffe. 3. Auflage, Akademie-Verlag, Berlin 1963.

Stapf, H. und A. Hradetzky: Chemische Schulversuche, Teil III, Organische Chemie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.

Lehrgang Chemisch-physikalische Untersuchungen

Der Plan für den fakultativen  
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht  
in der Erweiterten Oberschule  
Lehrgang Chemisch-physikalische Untersuchungen  
tritt am 1. September 1969  
in Kraft.

Berlin, April 1969

Ministerium für Volksbildung  
Prof. Dr. Kaiser  
Stellvertreter des Ministers

## Vorbemerkung

In diesem Lehrgang sollen die Schüler ihr Wissen aus dem obligatorischen Chemie- und Physikunterricht (Bau und Eigenschaften der Stoffe, Ablauf chemischer Vorgänge, grundlegende Gesetzmäßigkeiten der anorganischen Chemie, Karbonsäuren; Gasgesetze, molekular-kinetisches Verhalten gasförmiger Stoffe) auf chemisch-physikalische Untersuchungen anwenden und dabei vertiefen und erweitern.

Die Schüler sollen das experimentelle Vorgehen bei chemisch-physikalischen Untersuchungen kennenlernen, Experimente planen und durchführen sowie die Ergebnisse kritisch überprüfen und auswerten. Sie sollen dabei Fähigkeiten und Fertigkeiten vor allem im exakten Beobachten und im Bestimmen von Druck-, Temperatur- und Zeitgrößen erwerben.

Die Schüler sollen erkennen, daß durch chemisch-physikalische Untersuchungen Eigenschaften der Stoffe erforscht werden, wobei stoffliche Umwandlungen und die damit verbundenen energetischen Erscheinungen besonders berücksichtigt werden. Anhand dieser Betrachtung von stofflichen Umwandlungen und energetischen Erscheinungen kann den Schülern die Verflechtung naturwissenschaftlicher Einzeldisziplinen als eine Entwicklungstendenz der modernen Wissenschaft bewußt gemacht werden. Im Unterricht ist den Schülern die volkswirtschaftliche Bedeutung chemisch-physikalischer Untersuchungen zu erläutern. Die Schüler sollen erkennen, daß die Ergebnisse aus chemisch-physikalischen Untersuchungen eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung der chemischen Technologie darstellen.

Für den Lehrgang wurden Experimente aus den Gebieten der Strukturlehre (Atom- und Molekülbau), der chemischen Thermodynamik, dem Flüssigkeitsverhalten und den Grenzflächenerscheinungen ausgewählt. Wegen der notwendigen Vorleistungen aus dem obligatorischen Chemieunterricht beginnt der Lehrgang im zweiten Halbjahr der Klasse 11.

Der Lehrer kann entsprechend den materiellen Möglichkeiten der Schule aus den vorgesehenen Experimenten auswählen. Es wird vorgeschlagen, in den gewählten Stoffeinheiten etwa ein bis zwei Stunden für die theoretische Vorbereitung und die restliche Un-

terichtszeit für die experimentelle Lösung und Auswertung der Aufgaben zu verwenden.

Bei den Experimenten ist das Messen von Masse, Druck, Volumen, Zeit und Temperatur von besonderer Bedeutung. Das erfordert eine exakte Arbeitsweise. Dazu gehören das Sammeln von Meßwerten in Tabellen, das Führen eines Protokolls, das rechnerische und graphische Auswerten der Daten und das kritische Selbsteinschätzen des experimentellen Vorgehens.

Der Lehrgang bietet Möglichkeiten zur inhaltlichen Koordinierung mit der wissenschaftlich-praktischen Arbeit der Schüler, die auf der Grundlage des Rahmenprogrammes Chemietechnik tätig sind.

Die Mehrzahl der im Plan angegebenen Experimente ist mit den an den Schulen vorhandenen Geräten und Chemikalien durchführbar. Einige Apparaturen können im Selbstbau hergestellt werden (z. B. Apparatur nach Viktor Meyer, Thermostatierung der Apparatur zur Viskosimetrie). Fehlen in einigen Fällen bestimmte Geräte und Chemikalien, so kann der Lehrer auf das jeweilige Experiment verzichten.

Die Bestimmungen des Arbeitsschutzes und des Umgangs mit Giften sind zu beachten.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Vgl. Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der außerschulischen Arbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften (Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung 1967, Nr. 12 vom 30.6.67).

## Thematische Übersicht

Gesamtstundenzahl für den Lehrgang: 25 Stunden

- |        |   |                  |
|--------|---|------------------|
| 1.     | <b>Einführung in den Lehrgang</b>   | 1 Stunde         |
| 2.     | <b>Aufbau der Stoffe, Zustandsgleichung des idealen Gases</b>   | 6 bis 9 Stunden  |
| 2.1.   | <b>Angenäherte Bestimmung der Größe eines Kohlendioxid- oder Sauerstoffmoleküls</b>                               |                  |
| 2.2.   | <b>Bestimmung der molaren Masse nach Viktor Meyer</b>   |                  |
| 3.     | <b>Viskosität und Oberflächenspannung</b>   | 7 bis 10 Stunden |
| 3.1.   | <b>Viskositätsmessungen an Lösungen</b>   |                  |
| 3.1.1. | <b>Viskositätsmessungen aus der Strömungsgeschwindigkeit in Kapillaren nach Ostwald beziehungsweise Ubbelohde</b> |                  |
| 3.1.2. | <b>Viskositätsmessungen aus der Kugelfallgeschwindigkeit nach Höppler</b>   |                  |
| 3.2.   | <b>Bestimmen der Oberflächenspannung nach der Stalagmometermethode</b>  |                  |
| 4.     | <b>Phasengleichgewichte in Mehrkomponentensystemen</b>  | 7 bis 10 Stunden |
| 4.1.   | <b>Bestimmung der molaren Masse aus kryoskopischen Messungen</b>  |                  |
| 4.2.   | <b>Thermische Analyse einer einfachen binären Legierung, Gewinnung eines Zustandsdiagramms dieser Legierung</b>   |                  |

## Inhalt des Lehrganges

### 1. Einführung in den Lehrgang

1 Stunde

Wesen, Bedeutung und Aufgaben chemisch-physikalischer Untersuchungen

Anwendung der Ergebnisse chemisch-physikalischer Untersuchungen in der chemischen Technologie der sozialistischen Volkswirtschaft

### 2. Aufbau der Stoffe, Zustandsgleichung

des idealen Gases

6 bis 9 Stunden

Beim Bestimmen der Größe eines Karbonsäure- oder Ölmoleküls wird an die Kenntnisse der Schüler aus dem obligatorischen Chemieunterricht über den Bau der Stoffe und über die Karbonsäuren angeknüpft. Bei der Bestimmung der molaren Masse nach Viktor Meyer sollen die in der Klasse 11 erarbeiteten Kenntnisse aus dem Chemie- und Physikunterricht über die Ermittlung der molaren Masse und die Gesetze des idealen Gases erweitert werden.

In dieser Stoffeinheit sollen die Schüler erkennen, daß Angaben über physikalische Größen des Atoms beziehungsweise Moleküls bereits aus einfachen Experimenten gewonnen werden. Den Schülern ist bewußtzumachen, daß viele weitere Experimente notwendig sind, um zu fundierten Aussagen über die Stoffstruktur zu gelangen.

Beim Auswerten der Experimente müssen begründete Korrekturen an den Meßwerten sowie Mittelwertbildungen vorgenommen werden. Den Schülern ist bewußtzumachen, daß Versuchsergebnisse wiederholt überprüft werden müssen, um Fehlerquellen rechtzeitig aufzudecken und Zufallsergebnisse auszuschalten.

#### 2.1. Angenäherte Bestimmung der Größe eines Karbonsäure- oder Ölmoleküls

Bau der Stoffe, Karbonsäuren (Wiederholung)

Spreitung einer hydrophoben Substanz auf der Wasseroberfläche bis zur Ausbildung einer annähernd monomolekularen Schicht

Oberflächenspannungsverhältnisse an der Dreiphasengrenze

Darstellen der Bedingungen, die zur Spreitung einer höheren Alkansäure oder Alkensäure beziehungsweise eines Öls auf der Wasseroberfläche führen

Hydrophobes und hydrophiles Verhalten von Stoffen  
Verhalten der Molekel einer höheren Alkan- beziehungsweise Alkensäure im wäßrigen Medium

### Aufgabenstellung

- Bestimmen der Masse eines Alkan- beziehungsweise Alkensäure- (Lösung in Methanol) oder Öltropfens
- Bestimmen der Dichte des Tropfens beziehungsweise Entnehmen der Dichte aus Tabellen
- Bestimmen des Volumens des Tropfens aus Masse und Dichte
- Berechnen der Schichtdicke des gespreiteten Tropfens aus Tropfenvolumen und Spreitungsfläche (Die Schichtdicke wird gleich der Länge des stabförmigen Moleküls gesetzt)
- Kritisches Betrachten der Versuchsbedingungen (Temperatureinfluß auf die Dichte des Öles, Mittelwertbildung experimenteller Größen)
- Berechnen des Flächenbedarfs einer Alkan- beziehungsweise Alkensäuremolekel bei bekannter molarer Masse
- Berechnen der molaren Masse bei bekanntem Flächenbedarf

### Bemerkungen

Die höheren Alkan- beziehungsweise Alkensäuren sind wegen ihrer definierten molaren Masse zu bevorzugen. Das Volumen beziehungsweise die Masse des Tröpfchens kann bestimmt werden, indem die eingewogene oder im Volumen abgemessene Menge an Alkan- beziehungsweise Alkensäure in Methanol gelöst und die Lösung einer Mikrobürette entnommen wird. Ein Tropfen aus der Mikrobürette sollte dann etwa  $2 \dots 3 \cdot 10^{-5}$  g Säure oder Öl enthalten.

Die Schichtdicken betragen bei

Oktadekensäure (Ölsäure)  $22 \dots 23 \cdot 10^{-8}$  cm

Hexadekensäure (Palmitinsäure)  $17,8 \cdot 10^{-8}$  cm

Oktadekensäure (Stearinsäure)  $19,4 \cdot 10^{-8}$  cm

Ist die Schichtdicke zu etwa  $20 \cdot 10^{-8}$  cm bestimmt, läßt sich bei

bekannter molarer Masse der Flächenbedarf einer Molekel beziehungsweise bei bekanntem Flächenbedarf annähernd die molare Masse berechnen.

### Chemikalien und Geräte

Höhere Alkan- beziehungsweise Alkensäuren oder Speiseöl zur Untersuchung; Korkmehl oder Talkumpulver, Mikrobürette oder Platindraht oder Magnesiastäbchen, Analysenwaage, Entwicklerschale

### 2.2. Bestimmung der molaren Masse nach Viktor Meyer

Molare Masse als Quotient aus Masse  $m$  und Stoffmenge  $\sigma$  (Wiederholung)

Zustandsgleichung des idealen Gases  $pV = \sigma RT$  beziehungsweise

$$pV_m = RT \quad (\text{Wiederholung})$$

$V$       Volumen  
 $V_m$      molares Volumen

Bestimmung der molaren Masse aus der Zustandsgleichung

$$M = \frac{mRT}{pV} \quad (\text{Wiederholung})$$

Methoden zur Bestimmung der molaren Masse ( $T = \text{konst}$ )

Erläutern des prinzipiellen Vorgehens bei der Bestimmung der molaren Masse des idealen Gases nach der Zustandsgleichung

$$M = f(m, p, V, T):$$

- $p$  und  $V$  gegeben,  $m$  stellt sich ein
- $m$  und  $p$  gegeben,  $V$  stellt sich ein
- $m$  und  $V$  gegeben,  $p$  stellt sich ein

Bestimmen der molaren Masse nach Viktor Meyer durch Volumenmessung einer bestimmten Gasmasse  $m$  von bekanntem Druck  $p$  bei gegebener Temperatur  $T$

Hinweis auf das mögliche Assoziations- oder Dissoziationsverhalten der Stoffe

### Aufgabenstellung

Bestimmen der molaren Masse einer leicht verdampfenden reinen Substanz (z. B. Methanol, Äthanol, Kohlendisulfid, Tetrachlormethan) nach Viktor Meyer

Messen des Volumens der verdrängten Luft in einem Eudiometer

Messen des Luftdruckes und Umrechnen auf Normzustand

Rechnerisches Auswerten mehrerer Versuchsergebnisse (Mittelwertbildung)

Kritisches Betrachten der Fehlermöglichkeiten (Temperaturkonstanz,

### Bemerkungen

Die in ein Wägegläschen eingewogene Substanz wird erst " durch die Auslösevorrichtung freigegeben, wenn das Verdampfungsrohr die Temperatur der Heizflüssigkeit (Wasser) angenommen hat. Am Boden des Verdampfungsrohres sollte etwas Glaswolle liegen.

In die Zustandsgleichung wird die Zimmertemperatur und nicht die Temperatur der Heizflüssigkeit eingesetzt. Beim Umrechnen des Luftdruckes auf Normzustand wird der unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalt der einzelnen Räume nicht berücksichtigt.

### Chemikalien und Geräte

Methanol, Äthanol, Tetrachlormethan, Kohlendisulfid zur Untersuchung; Verdampfungsrohr mit Heizmantel, pneumatische Wanne, Volumenmeßrohr (Eudiometer, Bürette), Barometer, Thermometer, Analysenwaage

### 3. Viskosität und Oberflächenspannung

7 bis 10 Stunden

Die Viskosität (Zähigkeit, innere Reibung) und die Oberflächenspannung sollen den Schülern als allgemeine makroskopische Eigenschaften der Stoffe dargestellt werden, die durch innere molekulare Wechselwirkung bedingt sind.

Den Schülern ist zu erläutern, daß zur meßtechnischen Erfassung der Viskosität und der Oberflächenspannung eine große Zahl von Methoden entwickelt wurde. In einfachster Form erfolgt die Viskosimetrie von Flüssigkeiten nach dem Rankinschen Verfahren aus der Strömungsgeschwindigkeit in Kapillaren. Einfache Glasapparaturen hierfür wurden von Ostwald und Ubbelohde entwickelt. Die innere Reibung von Flüssigkeiten höherer Zähigkeit bestimmt man nach Höppler aus der Kugelfallgeschwindigkeit. Die Oberflächenspannung kann mit einem einfachen Glasgerät, dem Stalagmeter, bestimmt werden.

Beim Bestimmen der Viskosität und der Oberflächenspannung wird das Prinzip der Vergleichsmessung angewandt. Dazu werden für Wasser (Lösung A) als Bezugsflüssigkeit Viskosität und Oberflächenspannung Tabellen entnommen und daraufhin unbekannte Flüssigkei-

ten (Lösung B) in der gleichen Apparatur unter gleichen Versuchsbedingungen untersucht. Die Ausflußzeit ist bei der Viskosimetrie mit der Stoppuhr zu bestimmen. Befriedigende Ergebnisse werden nur durch Mittelwertbildung aus einer größeren Zahl von Experimenten zu erreichen sein.

Die ausgewählten Experimente unterstützen die Aufgabe des obligatorischen Unterrichts in der organischen Chemie, allgemeine Zusammenhänge innerhalb homologer Reihen herauszuarbeiten. Beim Betrachten und Klären der Entwicklungsverhältnisse einiger physikochemischer Kenngrößen innerhalb einer solchen Reihe ist deshalb den Schülern die Abhängigkeit der Stoffeigenschaften von sich abwechselnden strukturellen Feinheiten zu verdeutlichen.

### 3.1. Viskositätsmessungen an Lösungen

Überblick über Viskositätsmessungen in Wissenschaft und Technik  
 Viskosität (Zähigkeit, innere Reibung) als Folge von intermolekularen Wechselwirkungskräften und Molekülzusammenstößen

Dynamische Zähigkeit (gemessen in Poise,  $1 \text{ P} = 10^{-1} \text{ N s} \cdot \text{m}^{-2} = 10^{-1} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Kinematische Zähigkeit (gemessen in Stokes,  $1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )

Kinematische Zähigkeit als Quotient aus dynamischer Zähigkeit  $\eta$  und Dichte  $\rho$  der betrachteten Flüssigkeit

Messen der kinematischen Zähigkeit  $\nu$  beziehungsweise der dynamischen Zähigkeit  $\eta$  bei bekannter Dichte  $\rho$  (Tabellenwerte)

#### 3.1.1. Viskositätsmessungen aus der Strömungsgeschwindigkeit in Kapillaren nach Ostwald beziehungsweise Ubbelohde

Anwendung des Hagen-Poiseuilleschen Gesetzes für die Zwecke der Viskosimetrie nach Ostwald beziehungsweise Ubbelohde bei konstanten Apparategrößen (Gerätekonstanten):

$$\frac{\eta}{\rho} = k \cdot t \qquad \begin{array}{l} t \text{ Ausflußzeit} \\ k \text{ konstant} \end{array}$$

Vergleichsmessungen zweier Lösungen A und B mit gleicher Apparatur

$$\frac{\eta_A}{\rho_A} \cdot \frac{\rho_B}{\eta_B} = \frac{t_A}{t_B}$$

#### 3.1.2. Viskositätsmessungen aus der Kugelfallgeschwindigkeit nach Höppler

Anwendung des Stokes'schen Gesetzes für die Zwecke der Viskosimetrie nach Höppler bei konstanten Apparategrößen:

$$\eta = k \cdot (\rho_{Ku} - \rho_{Fl}) \cdot t$$

k konstant  
 $\rho_{Ku}$  Dichte der Kugel  
 $\rho_{Fl}$  Dichte der Flüssigkeit

Vergleichsmessungen zweier Lösungen A und B mit gleicher Apparatur:

$$\frac{\eta_A}{\eta_B} = \frac{\rho_{Ku} - \rho_A}{\rho_{Ku} - \rho_B} \cdot \frac{t_A}{t_B}$$

### Aufgabenstellung

Bestimmen der kinematischen und dynamischen Zähigkeit von Ammoniumnitratlösungen bei 0 °C beziehungsweise Harnstofflösungen bei 25 °C verschiedener Konzentrationen oder nur der dynamischen Zähigkeit innerhalb der homologen Reihe der Alkansäuren (Dichten hierfür werden Tabellen entnommen)

Exaktes Einhalten verschiedener Versuchsbedingungen, besonders auf Temperaturkonstanz achten (Thermostatierung)

Messen von Ausfluß- und Kugelfallzeiten mit der Stoppuhr bei verschiedenen Temperaturen

Rechnerisches Auswerten der Versuchsergebnisse (Mittelwertbildung)

Graphisches Darstellen der kinematischen Zähigkeit in Abhängigkeit von der Konzentration (Ammoniumnitrat, Harnstoff) beziehungsweise der dynamischen Zähigkeit in Abhängigkeit von der Homologenfolge der Alkansäuren

### Bemerkungen

Alle Experimente müssen mehrfach ausgeführt werden, um entsprechende Mittelwerte bilden zu können. Auf die graphische Darstellung ist Wert zu legen. Die Extremwertbildung muß erklärt werden.

Hinweis auf Viskositäts- und Dichtewerte von Alkansäuren:

	Methan-	Äthan-	Propan-	Butansäure
Viskosität $\eta$ in oP	1,782	1,219	1,099	1,538
Dichte $\rho$ in g.cm <sup>-3</sup>	1,2259	1,0492	0,9985	0,9587
	18 °C	20 °C	15 °C	20 °C

Bei der Viskosität gelten alle Werte für 20 °C.

## Chemikalien und Geräte

Ammoniumnitrat, Harnstoff und Alkansäuren zur Untersuchung;  
Viskosimeter nach Ostwald beziehungsweise Ubbelohde, Viskosimeter  
nach Höppler, heizbares Aquarium als Thermostatengefäß (Kühl-  
sohlange, Röhreinrichtung, Heizung, Kontaktthermometer), Stopp-  
uhr

### 3.2. Bestimmen der Oberflächenspannung nach der Stalagmo- metermethode

Oberflächenspannung als Folge von Anziehungskräften (intermoleku-  
lare Wechselwirkungskräfte), die bewirken, daß eine Flüssigkeit  
(Lösung) die kleinstmögliche Oberfläche auszubilden trachtet  
Definition der Oberflächenspannung  $\sigma$  als Quotient aus Kraft und  
Länge ( $\sigma = \frac{F}{l}$ ) beziehungsweise Oberflächenenergie und Oberfläche  
( $\sigma = \frac{W_o}{A_o}$ ), Maßeinheit dyn  $\cdot$  cm $^{-1}$  (1 dyn = 10 $^{-5}$  N)

Stalagmometermethode zur Bestimmung der Oberflächenspannung

Erklären des Zusammenhanges zwischen Oberflächen-  
spannung und Tropfenzahl:  $m_{TR} = f(\sigma)$

Einfluß der Oberflächenspannung auf die Tropfenmasse  
Oberflächenaktive und -inaktive Stoffe

Charakterisieren der Beeinflußbarkeit der Ober-  
flächenspannung durch oberflächenaktive Stoffe  
Erkennen der Ausbildung eines Grenzwertes der  
Beeinflußbarkeit, sobald die Oberfläche gänzlich  
von oberflächenaktiven Stoffen besetzt ist

Theoretische Bestimmung der Tropfenmasse aus Ausflußvolumen V,  
Tropfenzahl z und Dichte der Flüssigkeit

$$\sigma = k \cdot \frac{V \cdot \rho}{z} \quad k = \text{konstant}$$

Vergleichsmessungen zweier Flüssigkeiten (Lösungen) A und B mit  
gleicher Apparatur:

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \cdot \frac{z_B}{z_A}$$

### Aufgabenstellung

Bestimmen der Oberflächenspannung von Wasser als Lösungsmittel  
bei Zusatz wachsender Mengen eines oberflächenaktiven Stoffes

(z. B. Kampfer, Seife, Azeton) oder Bestimmen der Oberflächenspannung einiger homologer Alkansäuren (Methan-, Äthan-, Propan-, Butansäure)

### Bemerkungen

Werden dem Lösungsmittel Wasser verschiedene kapillaraktive Stoffe in gleicher (verdünnter) Konzentration beziehungsweise ein kapillaraktiver Stoff in wachsender Konzentration zugegeben, ist die Dichte des Lösungsmittels  $\rho$  nicht zu berücksichtigen. Die Oberflächenspannung kann direkt aus der Tropfenzahl ermittelt werden.

### Chemikalien und Geräte

Alkansäuren, Kampfer, Azeton, Stalagmometer, Stoppuhr

4. Phasengleichgewichte in Mehrkomponentensystemen

7 bis 10 Stunden

Die folgenden beiden Experimente gehören in das Gebiet der Gleichgewichtslehre. Es handelt sich um Phasengleichgewichte in heterogenen binären Systemen.

Im ersten Falle werden die Verhältnisse eines binären Systems mit einer nicht flüchtigen Komponente am Erstarrungspunkt zur Bestimmung der molaren Masse der gelösten Substanz herangezogen. Den Schülern muß verdeutlicht werden, daß die Genauigkeit dieser Methode weit höher liegt als eine Bestimmung der molaren Masse aus der Siedepunkterhöhung.

Das zweite Experiment dient der thermischen Analyse einer einfachen binären Legierung zur Gewinnung eines Zustandsdiagramms.

#### 4.1. Bestimmung der molaren Masse aus kryoskopischen Messungen

Prinzip der Bestimmung der molaren Masse eines gelösten Stoffes aus der Dampfdruckerniedrigung der Lösung

Entstehung der Gefrierpunktserniedrigung  $\Delta T_G$  Kryoskopie beziehungsweise der Siedepunkterhöhung  $\Delta T_S$  Ebullioskopie

Erläutern der Unterschiede im Dampfdruck eines reinen Lösungsmittels und der Lösung eines

nicht flüchtigen Stoffes

Diagramm für die Dampfdruck-Temperatur-Verhältnisse

Molare Gefrierpunktserniedrigung, kryoskopische Konstante  $E_G$

Vergleichen einiger kryoskopischer Konstanten untereinander und Wählen eines günstigen Lösungsmittels

Raoultsches Gesetz:

$$\Delta T_G = E_G \cdot k$$

$$k = \frac{\sigma}{m_{Lm}}$$

$$\sigma = \frac{m}{M}$$

$$\Delta T_G = \frac{E_G \cdot m}{M \cdot m_{Lm}}$$

$\Delta T_G$  Gefrierpunktserniedrigung

k Molalität

m Masse des gelösten Stoffes

$m_{Lm}$  Masse des Lösungsmittels

M molare Masse des gelösten Stoffes

### Aufgabenstellung

Bestimmen der molaren Masse einer löslichen organischen Substanz B (z.B. Glukose, Naphthalin, Sacharose, Harnstoff) nach der kryoskopischen Methode in einem organischen Lösungsmittel A bei geringen Konzentrationen von B (Lösungsmittel Benzol:  $E_G = 5,07$ ,  $F = 5,49$  °C oder Lösungsmittel Zyklohexan:  $E_G = 20,2$ ,  $F = 6,4$  °C)  
Analytisches Wägen

Rechnerisches Auswerten der Versuchsergebnisse zur Bestimmung der molaren Masse des Gelösten

### Bemerkungen

Wasser sollte wegen seiner kleinen kryoskopischen Konstanten als Lösungsmittel vermieden werden. Ein anorganischer oder allgemein dissozierender Elektrolyt sollte zur Bestimmung der molaren Masse nicht verwandt werden, da Korrekturfaktoren (Dissoziations-

grad, van't Hoff'scher Faktor) zur befriedigenden Erklärung der Ergebnisse hinzugezogen werden müssen.

Unter Verwendung von etwa 20 ml Lösungsmittel, dessen Dichte bekannt sein muß, sind sehr verdünnte Lösungen herzustellen.

Wird ein Beckmann-Thermometer benutzt, ist darauf hinzuweisen, daß keine Absolutwerte gemessen werden. Es interessiert vielmehr nur die genaue Differenz zwischen den Gefrierpunkten des reinen Lösungsmittels A und der Lösung AB. Das richtige Handhaben des Beckmann-Thermometers ist zu üben.

### Chemikalien und Geräte

Organische lösliche Substanzen zur Untersuchung, organische Lösungsmittel (Benzol, Cyclohexan), Beckmann-Thermometer oder Thermometer mit  $1/100$  °C Einteilung

#### 4.2. Thermische Analyse einer einfachen binären Legierung, Gewinnung eines Zustandsdiagramms dieser Legierung

Verlauf von Abkühlkurven eines reinen Einstoffsystems (Blei beziehungsweise Zinn) und eines Zweistoffsystems (Blei-Zinn-Legierung oder Cadmium-Wismut-Legierung)

Knick- und Haltepunkte in den Abkühlungskurven

Darstellen des Temperatur-Zeit-Verhaltens eines Systems beim Abkühlen durch eine Abkühlungskurve

Erläutern des Zusammenhanges zwischen Verlauf der Abkühlungskurve und Umwandlungserscheinungen im untersuchten System

Deuten von Knick- und Haltepunkten in Abkühlungskurven als Äußerungen von Kristallisationsvorgängen im System

### Aufgabenstellung

Gewinnen der Abkühlungskurven einiger Blei-Zinn- beziehungsweise Wismut-Cadmium-Mischungsverhältnisse mit Hochtemperaturthermometer oder Thermoelement

Graphisches Darstellen der Temperaturverhältnisse in Abhängigkeit von der Ablesezeit (Ableseintervalle: 30 s)

Bestimmen des Zustandsdiagramms mit Eutektikum einer dieser einfachen binären Legierungen

## Bemerkungen

Dieser Versuch benötigt viel Zeit, so daß nur wenige Mischungsverhältnisse untersucht werden können:

- I. 100 % Metall A
- II. 100 % Metall B
- III. Eutektisches Gemisch (75,65 % Zinn, 24,35 % Blei oder 40 % Kadmium, 60 % Wismut)
- IV. ein beliebiges anderweitiges Mischungsverhältnis

(Angaben für Blei und Zinn in Molprozent, für Kadmium und Wismut in Gewichtsprozent)

Die Zusammensetzung des eutektischen Gemisches soll den Schülern mitgeteilt werden.

Legierungen, die weniger als 29,7 Atomprozent Zinn enthalten, scheiden kein Eutektikum ab. Blei löst Zinn bis zu den angegebenen Prozentgehalten auch noch im festen Zustand (Mischkristallbildung). Zusammensetzungen dieser Art sind bei der Blei-Zinn-Legierung zu vermeiden.

Beim Benutzen eines Thermoelements ist zunächst eine Eichkurve für den Zusammenhang zwischen Thermospannung und Temperatur aufzunehmen. Dazu werden die thermoelektrischen Spannungen bei folgenden Fixpunkten gemessen: Schmelzpunkt des Eises  $0^{\circ}\text{C}$ , Siedepunkt des Wassers  $100^{\circ}\text{C}$ , Schmelzpunkte von reinem Zinn beziehungsweise Blei  $232^{\circ}\text{C}$  beziehungsweise  $327,4^{\circ}\text{C}$ .

## Chemikalien und Geräte

Blei und Zinn oder Wismut und Kadmium zur Untersuchung; Kupfer-Konstantan-Thermoelement (im Selbstbau herstellbar) mit Millivoltmeter oder Hochtemperaturthermometer

## Literaturhinweise für den Lehrer

- Brdička, R.: Grundlagen der physikalischen Chemie. 7. Auflage, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968.
- Brockhaus ABC Chemie. VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1969.
- Eucken, A. und R. Suhrmann: Physikalisch-chemische Praktikumsaufgaben. 7. Auflage, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig 1968.
- Eucken, A. und E. Wicke: Grundriß der physikalischen Chemie. 10. Auflage, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig 1959.
- Kaltoffen, R., K. Schumann, J. Ziemann und R. Opitz: Tabellenbuch Chemie. 5. Auflage, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1968.
- Kuhn, A.: Kolloidchemisches Taschenbuch. 5. Auflage, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig 1960.
- Remy, R.: Lehrbuch der anorganischen Chemie. 12. Auflage, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig 1965, 1. Band.
- Trzebiatowski, W.: Lehrbuch der anorganischen Chemie. 4. Auflage, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968.

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seit</u>
Lehrgang Qualitative Analyse	5
Lehrgang Makromolekulare Chemie	21
Lehrgang Chemisch-physikalische Untersuchungen	35