

Biltz — Klemm — Fischer

Experimentelle Einführung in die Anorganische Chemie

Heinrich Biltz

Experimentelle Einführung in die Anorganische Chemie

Neu herausgegeben von

Wilhelm Klemm und Werner Fischer

63.—70. neubearbeitete Auflage mit 28 Abbildungen und 1 Tafel



Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung • J. Guttentag,
Verlagsbuchhandlung • Georg Reimer • Karl J. Trübner • Veit & Comp.

Berlin 1971



Copyright 1970 by Walter de Gruyter & Co., vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung —
J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.
Berlin 30, Genthiner Straße 13

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks,
der photomechanischen Wiedergabe, der Herstellung von Mikrofilmen und der Übersetzung vorbehalten.

Archiv-Nr. 52 07 701 — Printed in Germany — Satz und Druck: Walter de Gruyter & Co., Berlin

Umschlaggestaltung: Ulrich Hanisch, Berlin

Vorwort zur 50. Auflage

Die erste Auflage dieser Einführung wurde von Heinrich Biltz im Jahre 1898 für den Gebrauch im Kieler chemischen Universitätslaboratorium verfaßt. Sie erwarb sich bald zahlreiche Freunde auch an anderen Orten und diente in 20 Auflagen einer großen Zahl von Chemikern bei der Einarbeitung in die Anfangsgründe der Chemie. So hatten auch die Unterzeichneten das Buch als Lernende (W. Klemm als Schüler von H. Biltz, W. Fischer als Schüler von W. Biltz) wie als Lehrende gründlich kennen und schätzen gelernt. Nach der Emeritierung von H. Biltz übernahmen sie es im Jahre 1937 auf seinen Wunsch im Einvernehmen mit dem Verlag deshalb gern, eine gründliche Modernisierung des Werkes vorzunehmen. Seitdem sind über 30 weitere Auflagen erschienen, und Bearbeiter und Verlag können der Fachwelt heute die 50. Auflage vorlegen.

Bei der Umgestaltung des Werkes vor 20 Jahren und bei der Bearbeitung der folgenden Auflagen lag kein Anlaß vor, den Grundcharakter des Buches zu ändern. Die chemische Wissenschaft verdankt ihre großen Erkenntnisse der induktiven Methode; sie arbeitet auch heute noch im wesentlichen so und wird das noch lange Zeit tun. Obwohl die theoretische Chemie in den letzten Jahrzehnten grundlegende Fortschritte gemacht hat, halten wir es für verfehlt, den Anfänger vornehmlich auf deduktivem Wege in die Chemie einzuführen. Am Beginn gilt es vielmehr, die Freude an den Erscheinungen zu fördern und die Beobachtungsgabe zu schulen. Die Theorien sollten nicht als das Primäre eingeführt werden, sie sollen vielmehr die Ordnung der Erscheinungen erleichtern und das Gedächtnis entlasten. Diesen Forderungen entsprach die Konzeption der „Experimentellen Einführung“ durch H. Biltz, und wir haben uns bemüht, daran nichts zu ändern, wenn auch im Laufe der Jahre im einzelnen umfangreiche Korrekturen erforderlich wurden.

Andererseits hüte sich der Anfänger davor, das Buch nur als eine Sammlung von zusammenhanglosen Rezepten anzusehen. Die Versuche sind derart ausgewählt, daß sie das Wesentliche hervortreten und Beziehungen allgemeiner Art erkennen lassen, worauf durch zahlreiche Seitenverweise immer wieder aufmerksam gemacht wird. So lernt der Benutzer z. B. als wichtigstes Ordnungsprinzip bald das Perioden-System der Elemente kennen. Im Vordergrund stehen ferner die Gesetzmäßigkeiten, die sich aus dem Verhalten wäßriger Lösungen ableiten lassen. Viele Umsetzungen und Erscheinungen, die für die analytische Chemie grundlegend sind, werden besprochen; dabei war man allerdings bemüht, diese Seite nicht übermäßig zu betonen. Aber bei weitem nicht alles, was der Anfänger

kennenlernen muß, wird abgehandelt. Die „Experimentelle Einführung“ kann nur eine Ergänzung der Vorlesung und des Lehrbuchstudiums darstellen. So haben wir davon abgesehen, Versuche und theoretische Abschnitte aufzunehmen, durch die sich der Student den Molekularbegriff und das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen selbst erarbeitet. Denn wir halten nicht viel davon, wenn der Anfänger sich mit halbquantitativen Versuchen herumquält, bei denen er einerseits die Waagen mißhandelt und zum anderen einen ganz falschen Begriff von der Leistungsfähigkeit quantitativer Messungen und seiner eigenen Meßkunst erhält. Es erscheint besser, vom einfachen zum schwierigeren fortzuschreiten.

Unter diesem Gesichtspunkt hat es sich auch als zweckmäßig erwiesen, die qualitativ-analytische Ausbildung mit der Durcharbeitung der „Experimentellen Einführung“ etwa in folgender Reihenfolge zu verbinden:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Experimentelle Einführung: | Nichtmetallverbindungen I. Teil.
Metallverbindungen I. Teil. |
| 2. Qualitativ-analytische Ausbildung: | Einfacher Kationengang; „Schulanalyse“. |
| 3. Experimentelle Einführung: | Nichtmetallverbindungen II. Teil. |
| 4. Qualitativ-analytische Ausbildung: | Säuren; Säuren kombiniert mit den Kationen der Schulanalyse. |
| 5. Experimentelle Einführung: | Metallverbindungen II. Teil. |
| 6. Qualitativ-analytische Ausbildung: | Analysen über alle Elemente; insbesondere Mineralien, technische Produkte usw. |

Man kann auch schon nach S. 77 Beispiele aus der Ammoniumcarbonat- und der Magnesium-Alkalimetall-Gruppe, nach S. 156 die Ammoniak- und Ammoniumsulfid-Gruppe und nach S. 179 die Salzsäure- und Schwefelwasserstoff-Gruppe bearbeiten lassen. Nach Punkt 1 und 6 wird zweckmäßigerweise ein kurzes Kolloquium mit dem Institutsleiter eingeschaltet. In Erwägung zu ziehen ist weiterhin, ob nicht nach 2. bereits einige einfache quantitative Bestimmungen ausgeführt werden, deren erzieherischer Wert sowohl für das chemische Denken als auch für das experimentelle Arbeiten an dieser Stelle besonders groß ist.

Für die vorliegende Jubiläumsauflage sind einige Kapitel weitgehend umgearbeitet worden; das trifft z. B. zu für die Abschnitte: Phosphorsäuren, Konzentrationsbegriff, Elektroaffinität und für Teile des Kapitels: „Massenwirkungsgesetz“. Ferner ist der gesamte Text sachlich und sprachlich überarbeitet worden. Es war unser besonderes Anliegen, für begriffliche Klarheit zu sorgen. Erfahrungsgemäß wird der Anfänger durch nichts so sehr verwirrt und gehemmt wie durch falsch verstandene und unklare Begriffe. Wir haben deshalb u. a. weitere Definitionen eingefügt, die über das Register leicht aufzufinden sind und so hoffentlich eine willkommene Hilfe darstellen.

Neu eingefügt wurde ein kurzer Absatz über das Zentrifugieren. Obwohl bei den Experimenten des vorliegenden Buches nur ganz selten eine

Trennung von Niederschlag und Mutterlauge erforderlich ist, scheint es nützlich, den Anfänger schon frühzeitig mit jener Arbeitsweise vertraut zu machen.

Es wird heute immer mehr propagiert, den Anfängerunterricht und die qualitative Analyse im sogenannten Halbmikromaßstab durchzuführen. Auf das Arbeiten in dieser Größenordnung ist die „Experimentelle Einführung“ seit jeher abgestimmt gewesen, so daß sich Änderungen erübrigen. Über das dafür zweckmäßige Arbeitsgerät gehen die Meinungen anscheinend etwas auseinander. Die oft nützliche Tropfpipette haben wir neu aufgenommen; die ausschließliche Verwendung enger Reagensgläser, deren Erhitzung nur in einem besonderen Wasserbad möglich ist, scheint uns dagegen keine Vorteile zu bieten.

Die — nur scheinbare — Umfangsvermehrung der vorliegenden Auflage gegenüber der vorhergehenden ist darauf zurückzuführen, daß der Zeilenabstand der Abschnitte im Petit-Satz im Interesse besserer Lesbarkeit etwas vergrößert worden ist. Der wahre Umfang des Textes ist aber seit 1937 nur um wenige Seiten angewachsen. — Der seit der 45. Auflage angefügte Anhang, in dem die erforderlichen Reagentien und die Konzentrationen der benötigten Lösungen zusammengestellt sind, dürfte dem Unterrichtsassistenten und dem Laboranten die Arbeit erleichtern.

Das Erscheinen der 50. Auflage ist uns ein willkommener Anlaß, um allen Kollegen und Mitarbeitern, die uns im Laufe der Jahre durch Hinweise und Vorschläge unterstützt haben, unseren Dank auszusprechen. Bei der Vorbereitung der vorliegenden Auflage stellten uns die Herren E. Thilo, Berlin, und A. Simon, Dresden, wertvolle Ratschläge zur Verfügung, und die Herren H. Schäfer, Münster, H. Bode, Hannover, und F. Umland, Hannover, berieten uns in vielen Einzelheiten. Ihnen allen gilt unser herzlichster Dank. Besonderen Dank schließlich möchten wir aber vor allem dem Verlag aussprechen, sowohl für die langjährige, fruchtbare Zusammenarbeit als auch für das verständnisvolle Eingehen auf unsere Wünsche bezüglich der Ausgestaltung des Werkes.

Dezember 1957

W. Klemm

Münster i. W.
Universität

W. Fischer

Hannover
Technische Hochschule

Vorwort zur 63.—70. Auflage

Die Forderung nach einer Kürzung der Dauer des Chemiestudiums hat an allen Universitäten der Bundesrepublik zu Änderungen der Studienpläne geführt, die allerdings nicht einheitlich und noch im Flusse sind. Allgemein sind die neuen Pläne durch eine starke Kürzung der experimentellen Ausbildung in analytischer Chemie gekennzeichnet, was insoweit berechtigt ist, als aufs einzelne ausgerichtete Arbeitsweisen betroffen werden. Aber ebenso allgemein wird die Ansicht vertreten, daß eine sinngemäß fortschreitende Ausbildung in Chemie nur möglich ist, wenn am Anfang grundlegende Stoffkenntnisse anhand der wichtigsten Ordnungsprinzipien vermittelt werden, wie es von je der Zweck des vorliegenden Buches gewesen ist.

Um der heute also gesteigerten Bedeutung einer solchen Einführung und den damit verbundenen Forderungen Rechnung zu tragen, haben wir — z. T. Vorschlägen und Wünschen von Fachkollegen folgend — das ganze Werk überarbeitet und einige Teile geändert. Während vom experimentellen Teil nur einige auf die analytische Chemie bezogene Versuche gestrichen wurden, erfuhren die theoretischen Abschnitte bei der Anpassung an den heutigen Stand der Entwicklung stärkere Änderungen. Neu gestaltet wurden insbesondere die Kapitel: Chemische Bindungskräfte; Anwendungen des Massenwirkungsgesetzes; Oxidations-Reduktions-Potentiale. Bei der Behandlung von Säure-Basen-Gleichgewichten wurde der historischen Entwicklung von Davy und Liebig über Arrhenius und Ostwald zu Brönsted Rechnung getragen; im weiteren Verlauf werden aber nur noch die Brönsted'schen Definitionen verwendet.

In dem Bestreben, das Buch auf die neuere Unterrichtsentwicklung auszurichten, wurden auch einige Zahlentabellen eingefügt über Löslichkeitsdaten, über Säure-Basen-Gleichgewichte und über Redoxpotentiale. Während die beiden letzteren den Unterrichtenden die Möglichkeit bieten sollen, im Rahmen von Seminaren auch Rechenaufgaben zu behandeln, wie sie in einigen Beispielen hier auf S. 95f. eingefügt sind, soll die Auswahl einiger Löslichkeitswerte dem Anfänger nur ein Gefühl für die hier auftretenden verschiedenen Größenordnungen geben; es bedarf wohl keines Hinweises, daß die Zahlenwerte nicht auswendig gelernt werden sollen!

Den zur Zeit nicht ganz gleichmäßigen Studiengängen an verschiedenen Orten kann gegebenenfalls dadurch Rechnung getragen werden, daß bei der Durcharbeitung des Buches einzelne Teile gestrichen oder verkürzt behandelt werden. Es war bisher schon ein Kennzeichen dieser Einführung, daß sie für verschiedenartige Aufgaben verwendet wurde, sowohl an den

Universitäten für Studenten der Chemie, der Physik und anderer Zweige der Naturwissenschaften als auch an höheren Technischen Lehranstalten und Chemieschulen. Wir hoffen, daß diese Flexibilität des Buches durch die in der neuen Auflage durchgeführten Änderungen noch verbessert worden ist.

Seit der 51. Auflage (1961) sind die Richtsätze für die Nomenclatur der anorganischen Verbindungen berücksichtigt worden. Die deutsche Fassung dieser Richtsätze findet sich in den Chemischen Berichten Nr. 7, 1959, S. XLVII—LXXXV. Zusätzlich sind hier einige weitere Nomenklatur-Empfehlungen der Internationalen Union für reine und angewandte Chemie (IUPAC) übernommen worden. Es ist unbedingt erforderlich, daß der Anfänger sich von vornherein mit den international vereinbarten Bezeichnungen von Verbindungen vertraut macht, damit er später nicht umlernen muß.

Anregungen für die vorliegende Auflage verdanken wir wiederum vielen Kollegen und Mitarbeitern, besonders den Herren Walter Franke, Darmstadt, Gerhard Fritz, Karlsruhe und Fritz Umland, Münster i. W. Wir bitten alle Benutzer, uns auch in Zukunft durch Mitteilung von Verbesserungsvorschlägen zu unterstützen.

Sommer 1970

Wilhelm Klemm

Münster i. W.
Universität

Werner Fischer

Hannover
Technische Universität

Inhaltsübersicht

Theoretische Abschnitte sind *kursiv* gedruckt

	Seite
Einleitung	1
Allgemeine Vorsichtsmaßregeln beim Arbeiten im Laboratorium	4
Das Aufbewahren und Umfüllen von Reagentien	5
Filter und Filtrieren	7
Zentrifugieren	9
Der Bunsenbrenner, das Gebläse und das Lötrohr	10
Die Bearbeitung des Glases	13
Kork bohren	15
 Nichtmetallverbindungen (Erster Teil).	 17
<i>Säuren, Basen, Salze</i>	17
Salzsäure und Chlor	18
<i>Chemische Umsetzungen</i>	23
<i>Konzentration der Lösungen; Normallösungen</i>	23
Schwefelsäure	25
<i>Elektrolytische Dissoziation; Ionenlehre</i>	28
<i>Chemische Bindung</i>	34
<i>Oxidation und Reduktion</i>	41
Schweflige Säure	43
Salpetersäure und Stickstoffoxide	45
Kohlendioxid und Kohlensäure	49
Schwefelwasserstoff	51
Phosphorsäure, <i>Saure Salze</i>	54
<i>Namen anorganischer Stoffe</i>	57
 Metallverbindungen (Erster Teil).	 60
Alkalimetalle und Ammonium	60
Natrium	61
Kalium	65
Ammonium	67
Erdalkalimetalle und Magnesium	70
Erdalkalimetalle	70
Calcium	71
Strontium und Barium	74
Magnesium	75

	Seite
<i>Chemisches Gleichgewicht</i>	77
<i>A. Das Wesen der chemischen Gleichgewichte</i>	77
<i>B. Das Massenwirkungsgesetz</i>	82
<i>C. Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf homogene Reaktionen</i> <i>in wäßriger Lösung</i>	85
<i>D. Säure Basen-Reaktionen; die Theorie von Brönsted</i>	87
<i>E. Bedeutung des Massenwirkungsgesetzes für heterogene Reaktionen</i> . . .	97
<i>F. Ursachen für den Eintritt von Reaktionen</i>	100
Aluminium	102
<i>Hydroxide und Oxide von saurem bzw. basischem Charakter</i>	107
Elemente der Gruppe I B	111
Silber	111
<i>Komplexverbindungen und Doppelsalze</i>	114
Kupfer	120
<i>Oxidations-Reduktions-Potentiale</i>	123
Elemente der Gruppe IIB	130
Zink	130
Cadmium	132
Quecksilber	133
Übergangselemente	137
Eisengruppe	138
Eisen	138
Kobalt	144
Nickel	146
Chrom	147
Mangan	152
<i>Aufschließen</i>	156
Weitere Elemente der B-Gruppen	157
Zinngruppe	159
Zinn	159
<i>Kolloide Lösungen</i>	161
Blei	164
<i>Sulfide</i>	166
Arsengruppe	167
Arsen	168
Antimon	175
Wismut	178
Nichtmetallverbindungen (Zweiter Teil)	181
VII. Gruppe	181
Halogene	181
Halogenwasserstoffe, Pseudohalogene	181
Halogensauerstoffverbindungen	183
VI. Gruppe	187
Wasserstoffperoxid	187
Säuren des Schwefels	188
Selen und Tellur	191

	Seite
V. Gruppe	192
Hydrazin, Hydroxylamin.	192
Salpetrige Säure und Nitrite	193
Kondensierte Phosphorsäuren	194
Phosphorige Säure	197
IV. Gruppe	198
Silicium	198
III. Gruppe	200
Borsäuren	200
 Metallverbindungen (Zweiter Teil).	 202
Lithium, Beryllium	202
Seltene Erden	203
Titan, Zirkonium, Thorium	204
Vanadin, Niob, Tantal.	206
Molybdän, Wolfram, Uran	208
Thallium.	211
 Tabelle: Löslichkeit einiger Substanzen in Wasser	 212
 Verzeichnis der Reagentien	 213
 Namen- und Sachregister	 218
Perioden-System der Elemente	} Ausschlagtafel } am Ende des Buches
Erste Hilfe bei Unfällen	

Einleitung

Zum Arbeiten im chemischen Laboratorium sind einige Hilfsmittel nötig, die der Praktikant sich auf seinem Arbeitsplatz zu halten hat, nämlich: eine Schere, ein Glasmesser zum Glasschneiden, eine an ihrer stärksten Stelle noch nicht ganz bleistiftdicke Rundfeile zum Glätten und Erweitern von Löchern in Korken, ferner Pinzette, Lötrohr und einige einseitig geschlossene Glasröhrchen, deren Anfertigung auf S. 13/14 beschrieben ist. Dazu kommen: eine ausreichende Anzahl von Reagensgläsern verschiedener Größe¹⁾ mit Gestell, Trichter, Kölbchen, einige dünne Glasstäbe mit rund geschmolzenen Enden, kleine Bechergläschen, eine Spritzflasche aus Glas oder Polyäthylen, Porzellantiegel und Abdampfschalen, schließlich ein Filtriergestell, ein eiserner Dreifuß oder besser ein Stativ mit verschiebbarem Ring nebst Drahtnetz²⁾ als Kochgestell und ein Gasbrenner³⁾. Für manche Zwecke benötigt man Spatel aus Glas, Porzellan, Horn, V2A-Stahl oder Reinnickel; vernickelte oder verchromte Instrumente sind im chemischen Laboratorium nicht brauchbar. Erforderlich ist ferner ein Platindraht von etwa 5 cm Länge und etwa 0,4 mm Durchmesser, der an einem Ende in einen dünnen Glasstab eingeschmolzen ist; er wird — mit dem Glasstab in einem Kork befestigt — in einem mit Salzsäure halbgefüllten Reagensglas aufbewahrt. Als Ersatz können in manchen Fällen — z. B. zur Herstellung von Phosphorsalz- oder Boraxperlen — Magnesiastäbchen und -rinnen verwendet werden. Für die seltenen Fälle, in denen ein Platintiegelchen (es empfehlen sich die in der Lötrohranalyse gebräuchlichen „Plattner-Schälchen“) unentbehrlich ist, leiht man ein solches vom Assistenten. Ferner muß jeder im Besitz einer einfachen Schutzbrille mit splitter sicherem Glas sein. Schließlich sind ein Wischtuch und ein Handtuch unentbehrlich; empfehlenswert ist ein Hasenpfote zum Reinigen des Arbeitsplatzes.

Alle Glassachen müssen stets sauber gehalten werden. Bechergläser werden gereinigt, mit destilliertem Wasser ausgespült und nach dem Abtropfen mit nach unten gestellter Öffnung auf Filtrierpapier,

¹⁾ Für die meisten Versuche sind Reagensgläser der normalen Größe von etwa 16 mm Durchmesser und 160 mm Länge zweckmäßig; daneben benötigt man einige größere (etwa 20 × 200 mm), aber auch kleinere von verschiedenen Abmessungen.

²⁾ Drahtnetze aus V4A-Stahl ohne Asbesteinlage sind haltbarer als solche aus verzinktem Eisendraht mit Asbesteinlage, außerdem behindert die Asbesteinlage den angestrebten Wärmeübergang erheblich. Lieferant für die erstgenannten: Dürerer Metalltuchfabrik, Kufferath u. Co., Düren.

³⁾ Zum Halten heißer Reagensgläser benutzt man Reagensglasklemmen. Man kann auch ein Stück Papier von etwa Oktavgröße verwenden, das durch einige Längskniffe zu einem Streifen zusammengefaltet ist.

mit dem der Schrank zum Teil ausgelegt ist, aufbewahrt. Die gereinigten und getrockneten Kölbchen bewahrt man nach Verschuß mit etwas Filtrierpapier, das über den Rand gekniff wird, gegen Staub gesichert auf. Die Reagensgläser sollen stets bald nach den Versuchen gereinigt werden. Dazu reicht meist Wasser und eine Gänsefeder oder eine Reagensglasbürste aus; zur Entfernung festanhaftender Niederschläge nimmt man eventuell einige Tropfen roher, konzentrierter Salzsäure zu Hilfe¹⁾. Diese Reinigung gelingt fast immer leicht und schnell, wenn sie bald vorgenommen wird, ist aber oft recht mühsam und zeitraubend, wenn sie bis zum nächsten Tage verschoben wird. Man spült auch hier stets mit destilliertem Wasser nach. Zum Abtropfen stellt man die Reagensgläser mit der Mündung nach unten auf die Zapfen, die zu diesem Zweck an der Hinterseite des Gestells angebracht sind, oder auch in die Öffnungen des Reagensglasgestells. Man halte stets einige trockene Reagensgläser vorrätig, weil solche zu manchen Versuchen nötig sind.

Durch Befolgen dieser Vorschriften kann man sich Zeitverlust und Mißerfolge ersparen. Überhaupt muß mit besonderem Nachdruck darauf hingewiesen werden, daß man sich bei chemischen Arbeiten von vornherein an die größte Sauberkeit gewöhnen muß. Auch das Innere der Schubladen und Schränke soll stets vorbildlich sauber und ordentlich gehalten sowie mit Verständnis geordnet sein. Eisensachen, Filter, Glas- und Porzellansachen dürfen nicht durcheinander geworfen werden, sondern müssen zur Vermeidung von Bruch und Verschmutzung getrennt aufbewahrt werden.

Es ist ferner immer zu beachten, daß alle Chemikalien mehr oder weniger stark gesundheitsschädlich sein können. Als Gifte bezeichnet man solche Stoffe, die schon in sehr kleinen Mengen schwere Schäden hervorrufen; aber auch andere Stoffe, wie Säuren, Laugen, Salze, besonders solche der Schwermetalle, und auch viele Gase, wirken in größeren, von Fall zu Fall verschiedenen Mengen gefährlich. Auch aus diesem Grunde ist peinliche Sauberkeit vonnöten; man hüte sich, Chemikalien in den Mund oder gar mit Wunden in Berührung zu bringen. Jeder Chemiker muß die Grundregeln der Ersten Hilfe kennen (s. Tafel am Ende des Buches) und muß wissen, wo sich im Laboratorium der Apothekenschrank, die Notbrause und der nächste Telefonapparat befinden.

Die meisten Versuche dieses Leitfadens werden in Reagensgläsern ausgeführt. Es ist zweckmäßig, zu jeder Umsetzung nur wenig Substanz zu nehmen und mit stark verdünnten Lösungen zu arbeiten; denn die meisten Erscheinungen sind bei verdünnten Lösungen viel klarer zu erkennen als bei konzentrierten. Ferner beachte man, daß man fast stets mit $\frac{1}{8}$ —1 ml der Lösungen vollständig auskommt. Man spart so nicht nur Chemikalien, sondern vor allem auch Zeit.

¹⁾ Zum Reinigen von Glasoberflächen, die mit Fett oder ähnlichen Stoffen verschmutzt sind, benutzt man eine warme Lösung von Alkalidichromat (vgl. S. 152) in konzentrierter Schwefelsäure („Chrom-Schwefelsäure“) oder eine alkalische Lösung von Kaliumpermanganat (vgl. S. 155).

Wichtig ist es auch, daß man sich von vornherein darin übt, Gewichte und Raummaße abzuschätzen. Es empfiehlt sich, ein Reagensglas zunächst leer, dann zum Fünftel, zur Hälfte, schließlich ganz mit Wasser gefüllt zu wägen, um dadurch eine Vorstellung vom Inhalt eines Reagensglases und seiner Teile zu erhalten. Auch ist anzuraten, ein Reagensglas durch Einwägen von 1, 2, 3 g usw. Wasser zu kalibrieren und die betreffenden Höhen an einem aufgeklebten Papierstreifen zu verzeichnen. Ein solcher einfacher Meßzylinder (Mensur) ist oft nützlich. — Über den wichtigen Gehalt der Lösungen (vgl. S. 23 ff.), die im Laboratorium ausstehen, unterrichtet die Tabelle auf S. 213 ff.

Es ist unbedingt erforderlich, daß über die Arbeiten im Laboratorium sorgfältig und ausführlich Protokoll geführt wird, und zwar nicht auf losen Zetteln, Zigaretenschachteln und ähnlichem, sondern in einem Heft. Der Studierende gewöhne sich vom ersten Tage daran, jede Beobachtung, und sei sie noch so geringfügig, so aufzuschreiben, als ob sie von ihm erstmalig gemacht sei. Man verlasse sich nicht darauf, daß ja alles „im Buche“ stehe, sondern protokolliere sofort nach Ausführung des Versuchs die Beobachtungen, ohne das Buch zu Hilfe zu nehmen, weil man sonst leicht in den Fehler verfällt, das Buch abzuschreiben. Durch diese Art der Niederschrift lernt der Anfänger, die chemischen Ausdrücke zu verwenden. Wenn er sich ferner zum Grundsatz macht, jede im Reagensglas beobachtete Umsetzung auch formelmäßig auszudrücken, übt er sich, chemische Gleichungen aufzustellen. Schließlich ist diese Erziehung zum sorgfältigen Protokollieren auch als Vorbereitung für das spätere selbständige Arbeiten unentbehrlich, bei dem mangelhafte Protokollführung zu schweren Irrtümern und erheblichem Zeitverlust führen kann. Das Laboratoriumstagebuch braucht keine schön geschriebene Reinschrift zu sein, aber es soll übersichtlich und auch für einen anderen lesbar sein.

Das allerwichtigste Erfordernis für ein erfolgreiches Durcharbeiten dieses Leitfadens ist das häusliche Studium. Kein Abschnitt soll im Laboratorium vorgenommen werden, bevor er sorgfältig unter Hinzuziehung eines Lehrbuchs der Chemie zu Hause theoretisch durgearbeitet und aufgeklärt ist. Es ist auch dringend zu empfehlen, die im vorliegenden Buch in großer Zahl gegebenen Seitenverweise auszunutzen, weil dadurch die Einordnung des neu Erlernten erleichtert und oft auf nicht offensichtliche Schwierigkeiten aufmerksam gemacht wird. Unklarheiten und Zweifel lasse man keinesfalls auf sich beruhen, sondern frage den Assistenten um Rat. Zwar sind in den experimentellen Teil zahlreiche theoretische Abschnitte eingestreut, deren Studium vielfach Aufklärung geben wird; aber selbstverständlich sind diese theoretischen Abschnitte nicht imstande, das Hören der Grundvorlesungen zu ersetzen.

Allgemeine Vorsichtsmaßregeln beim Arbeiten im Laboratorium

Schon an dieser Stelle sei auf einige Vorsichtsmaßregeln hingewiesen, die beim Arbeiten im Laboratorium unbedingt beachtet werden müssen:

1. Beim **Erhitzen von Flüssigkeiten im Reagensglas**, besonders von solchen, in denen feste Teilchen ausgeschieden sind, ist das Reagensglas leicht und andauernd zu bewegen. Durch diese leichten Schüttelbewegungen wird einem Siedeverzug und dem damit verbundenen Herauskochen der Flüssigkeit aus dem Rohr vorgebeugt. Außerdem werden dadurch die Wände des Rohrs innen, soweit sie erhitzt werden, andauernd mit Flüssigkeit befeuchtet, wodurch eine Überhitzung der Glaswände vermieden wird. Wenn man den Inhalt zum Sieden erhitzen will, soll das Reagensglas keinesfalls zu mehr als $\frac{1}{4}$ von Flüssigkeit erfüllt sein; nötigenfalls gießt man in ein weiteres Glas um. Will man die Flüssigkeit längere Zeit im Sieden erhalten, z. B. einengen, so soll man Reagensgläser von mindestens etwa 16 mm Durchmesser verwenden. Beim Kochen halte man die Mündung des Glases niemals auf sich und andere Personen gerichtet, damit niemand verbrüht werde, falls doch einmal ein Herauskochen stattfinden sollte.

2. Versuche, bei denen **übelriechende oder giftige Gase** entstehen, müssen unter allen Umständen *unter dem Abzug* ausgeführt werden. Der Chemiker ist sowieso genötigt, bei seinen Arbeiten oft genug schlechte Luft in Kauf zu nehmen. Es ist eine selbstverständliche Pflicht gegenüber den Arbeitskameraden, alles zu vermeiden, was die Laboratoriumsluft in unnötiger Weise verschlechtert. Die Fenster unbenutzter Abzüge sind geschlossen zu halten, weil die Entlüftungswirkung in den anderen sonst geschwächt wird.

3. Bei manchen Versuchen muß man mit **giftigen** Substanzen (z. B. Natriumcyanid) arbeiten. **In diesen Fällen ist besonders auf peinlichste Sauberkeit zu achten** (nichts verschütten, sofortiges Säubern der Geräte und der Hände). **Man bringt sonst sich selbst in Lebensgefahr und gefährdet unter Umständen andere.** Überhaupt ist es selbstverständlich, daß man sich nach jedem Arbeiten sorgfältig die Hände wäscht. Man weiß nie, ob nicht Spuren schädlicher Stoffe an ihnen haften.

4. Gelegentlich hat man es mit Umsetzungen zu tun, die zu **Explosionen** führen können. Kennt man die Gefahr, so kann man durchaus solche Versuche ausführen; denn durch zweckmäßige Anordnung des Versuchs kann man sich schützen. Da im Laboratorium stets mit der Mög-

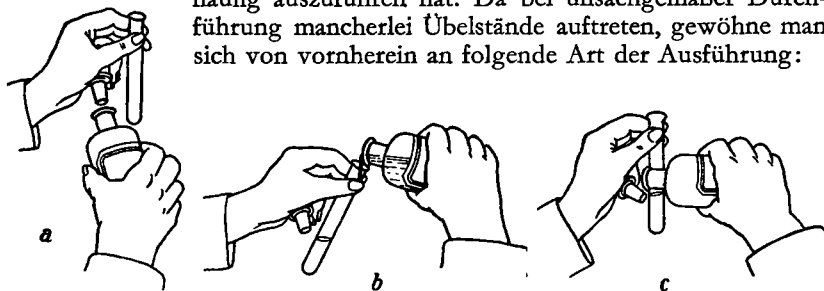
lichkeit des Verspritzens von Alkalien und Säuren gerechnet werden muß und auch kleine Explosionen vorkommen können, ist es für den Anfänger, der das Verhalten der Stoffe noch nicht kennt, unumgänglich, die Augen bei der Laboratoriumsarbeit **stets** durch eine **Schutzbrille** zu schützen (vgl. S. 1).

5. Jeder Student muß vor Beginn chemischer Arbeiten die auf der Ausschlagtafel im Anhang dieses Buches vermerkten Regeln über **Erste Hilfe bei Unfällen** genau durchlesen.

Das Aufbewahren und Umfüllen von Reagentien

Zur **Aufbewahrung** von Reagentien dienten früher fast ausschließlich Glasgefäße, für Flüssigkeiten solche mit engem, für feste Stoffe mit weitem Hals. Da Kork- und Gummistopfen den Flascheninhalt leicht verunreinigen können, sind eingeschliffene Glasstopfen unbedingt vorzuziehen. Glas wird von neutralen und sauren Flüssigkeiten kaum, merklich aber von alkalisch reagierenden angegriffen und verunreinigt diese; sog. Gerätegläser sind widerstandsfähiger, aber nicht vollständig resistent. Zur Aufbewahrung alkalischer Stoffe, z. B. von Natronlauge, Soda- oder Ammoniak-Lösung, sind besser geeignet Flaschen aus Polyäthylen; sie eignen sich wegen ihrer Unzerbrechlichkeit auch zum Transport größerer Mengen. Es ist aber zu beachten, daß Gase wie NH_3 , HCl und CO_2 durch Polyäthylen langsam diffundieren können und daß die Flaschenwand unter Umständen etwas organische Substanz an den Inhalt abgeben kann. Auf eine haltbare und leserliche Beschriftung der Polyäthylenflaschen, z. B. unter Verwendung von Spezialetiketten oder einem Filzschreiber mit dauerhaftem Farbstoff, ist besonders zu achten, weil viele sonst übliche Kennzeichnungsverfahren hier versagen. Vor dem Bekleben oder Beschriften muß die betreffende Stelle der Flasche mit Methanol gereinigt werden.

Das **Eingießen** von **flüssigen** Reagentien aus einer Flasche in ein Probierglas ist eine der kleinen Handhabungen, die der Chemiker besonders häufig auszuführen hat. Da bei unsachgemäßer Durchführung mancherlei Übelstände auftreten, gewöhne man sich von vornherein an folgende Art der Ausführung:

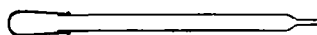


Figur 1. Ausgießen von Flüssigkeiten

Die Flasche ist mit vollem Griff zu fassen, und zwar so, daß die Beschriftung bei waagerechter Lage der Flasche nach oben kommt. Macht man es anders, so könnte ein herunterlaufender Tropfen die Beschriftung beschädigen. Das Reagensglas wird mit dem Daumen, Zeige- und Mittelfinger der linken Hand gehalten. Mit den beiden noch freien Fingern und dem Handballen nimmt man den Stopfen von der Flasche (Fig. 1a) und gießt die Flüssigkeit ein, ohne dabei den Rand der Flasche auf den des Reagensglases aufzusetzen (Fig. 1b). Berührt man das Reagensglas, so kann der Rand und damit der Inhalt der Flasche verunreinigt werden — besonders, wenn man es gewohnheitsmäßig macht! —, was bei späterem Gebrauch der Reagensflüssigkeit Anlaß zu Irrtümern gibt. Nach dem Ausgießen der Flüssigkeit hängt am Rande der Flasche in der Regel ein dicker Tropfen. Diesen streicht man nicht am Reagensglas ab, noch läßt man ihn außen an der Flasche herunterlaufen, sondern man führt den Flaschenrand, ohne dabei die Flasche aus ihrer schrägen Lage wesentlich aufzurichten, an den Hals des Stopfens, streicht hier den Tropfen ab (Fig. 1c), setzt den Stopfen auf und stellt die Flasche an ihren Platz.

Gewöhnt man sich an diese Art der Ausführung, so bleiben die Reagentien stets sauber, die Flaschen und ihre Beschriftung sowie die Reagentienregale werden nicht beschmutzt, und es kann niemals vorkommen, daß man einen Stopfen auf eine falsche Flasche setzt. — Flaschen mit außen zylindrischem Hals ohne aufgebörtelten Rand, die heute in den Handel gebracht werden, sind nicht brauchbar, weil das Herablaufen von Tropfen an der Außenseite und Verschmutzungen unvermeidbar sind.

Bei Versuchen im Reagensglas ist es meist erforderlich, die Reagenslösungen tropfenweise zuzusetzen. Mit einiger Übung gelingt dies leicht durch vorsichtiges Neigen der Flasche; zweckmäßig ist es, die verschlossene Flasche vorher einmal umzuschütteln und mit dem dadurch befeuchteten Stopfen nach dem Öffnen die Stelle des Halses zu benetzen, an der der Tropfen ausfließen soll. In gewissen Fällen sind **Tropfpipetten** nützlich. Sie bestehen (s. Fig. 2a) aus einem Glasrohr von 4—6 mm lichter



Figur 2a. Tropfpipette.
 $\frac{1}{2}$ natürliche Größe

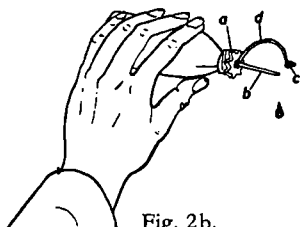


Fig. 2b.
Tropfflasche aus Polyäthylen

Weite und etwa 6—10 cm Länge, das an einem Ende zu einer Verjüngung ausgezogen, abgeschnitten und dann rundgeschmolzen wird, während über das andere Ende eine Gummikappe gezogen wird. Sie müssen nach Gebrauch stets sorgsam gesäubert werden, was etwas umständlich ist, da dies nur nach Abnahme der Gummikappe und Ausspülen beider Teile mit destilliertem Wasser sicher gelingt. Es wird auch empfohlen, jede Reagensflasche für die Dauer mit einer zugehörigen Tropfpipette zu versehen, die mittels eines durchbohrten Stopfens auf die Flasche aufgesetzt wird. Das erfordert peinlich sauberes Arbeiten,

weil jede Verunreinigung der Pipette den ganzen Flascheninhalt unbrauchbar macht. Besser sind **Tropfflaschen aus Polyäthylen** (s. Fig. 2b), deren Schraubverschluß a eine Tropfkapillare b trägt. Bei diesen Flaschen ist die Gefahr einer Verunreinigung geringer. Eine Verwechslung der Verschlußkappen c für die Kapillaren wird vermieden, wenn die Kappen mit einer Kunststoffschnur d an dem Schraubverschluß befestigt sind.

Zur Bestimmung der ungefähren Tropfengröße lasse man je etwa ein Milliliter aus einer Flasche bzw. einer Tropfpipette in einen Meßzylinder ausfließen und zähle dabei die Tropfen.

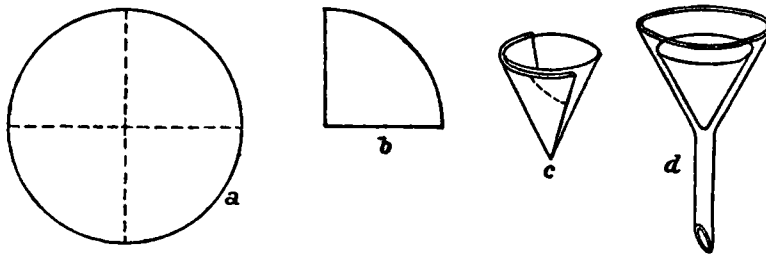
Führt man Reaktionen durch, bei denen sich beim Zugeben einer Reagensflüssigkeit **Gase entwickeln** (vgl. z. B. S. 19, Nr. 2), so gießt man die Lösung nicht aus der Reagentienflasche zu; denn in diesem Fall besteht die Gefahr, daß die sich entwickelnden Gase den ganzen Inhalt der Flasche verunreinigen. Vielmehr füllt man in diesem Fall erst die erforderliche Menge der Flüssigkeit in ein sauberes Reagensglas und gießt sie von dort in das Reagensglas mit der zu untersuchenden Substanz, oder man verwendet eine Tropfpipette, die nach Gebrauch zu säubern ist.

Das Ausschütten von **festen** Reagentien aus Flaschen ist nach Möglichkeit zu vermeiden, da man dabei schlecht dosieren kann. Man entnimmt die benötigte Menge vielmehr mit einem sauberen Spatel oder Löffel. Hat man dabei einmal etwas mehr genommen, als benötigt wird, so gibt man den Rest — wenn es sich nicht um besonders kostbare Substanzen handelt — nicht in die Flasche zurück, sondern in den Schmutzbehälter. Dies gilt besonders für Anteile, die auf den Arbeitstisch gefallen sind. Reste von löslichen Giftstoffen, z. B. Natriumcyanid, dürfen nicht in den Schmutzbehälter gelangen, sondern müssen mit viel Wasser in den Ausguß gespült werden. — Zum Einfüllen pulverförmiger Substanzen in Gefäße mit kleiner Öffnung sind saubere Spielkarten sehr nützlich.

Filter und Filtrieren

Zur Herstellung von „**glatten Filtern**“ benutzt man in der Regel fertig geschnittene runde Scheiben aus Filtrierpapier. Für die vorliegenden Versuche genügen die billigen „qualitativen“ Filter; die besonders aschearmen, teureren „quantitativen“ Filter sind nicht erforderlich. Man halte sich eine größere Menge Filter verschiedenen Durchmessers (etwa 7 und 9 cm) stets vorrätig, und zwar nicht lose im Schubfach herumliegend, sondern in einer geeigneten Pappschachtel.

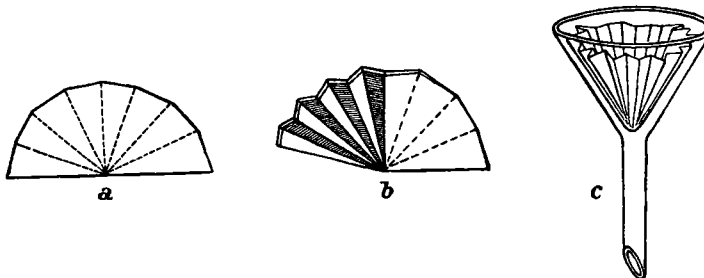
Zum Gebrauch faltet man das Filter zweimal im rechten Winkel (vgl. Fig. 3a), so daß es das Aussehen von Fig. 3b erhält. Diese Papiertüte wird geöffnet (Fig. 3c) und in einen Trichter gesteckt, dessen konischer Teil wenigstens um 1 cm höher ist als das Filter; auf keinen Fall darf das Filter über den Rand des Trichters hinausragen. Jetzt gießt man mit der Spritzflasche Wasser in das Filter und drückt es mit einem



Figur 3. Filter einlegen

Finger an die Trichterwand fest an (Fig. 3d). Das Filtrat läuft nur dann gut ab, wenn das Papier oben überall gut an der Glaswand anliegt, so daß keine Luftblasen auftreten¹⁾; denn nur dann wirkt die Flüssigkeitssäule im Trichterrohr saugend auf die Flüssigkeit im Filter. Hat der Trichter nicht genau den Winkel von 60° , so muß man das beim Kniffen des Filters berücksichtigen. Man lernt dies wie überhaupt die Anfertigung eines gut arbeitenden Filters am besten von Geübteren.

Für präparative Arbeiten sind oft die „*Faltenfilter*“ vorzuziehen, da sie ein schnelleres Filtrieren ermöglichen. Man verwendet sie aber nur dann, wenn es nicht darauf ankommt, den auf dem Filter gesammelten Niederschlag gut auszuwaschen. Faltenfilter bezieht man in der Regel fertig gekniff. Will man selbst eines herstellen, so geht man am besten von einem kreisförmigen Stück Filtrierpapier aus und beginnt dann in genau der gleichen Weise wie in den Fig. 3a und 3b, nur wird der Viertelkreis (Fig. 3b) noch zweimal im Winkel gefaltet bis zum Sechzehntel-Kreisausschnitt. Dann öffnet man zum Halbkreis (Fig. 4a) und kniff, von



Figur 4. Faltenfilter

¹⁾ Es ist praktisch, die in Fig. 3c gestrichelt gezeichnete Ecke abzureißen oder auch nur einzureißen und um die Knickstelle nach rechts umzuschlagen; denn das Filter liegt dann meist noch besser an. Man kann außerdem beim zweiten Falten des Filters etwas vom rechten Winkel abweichen; öffnet man dann die Papierlage mit dem größeren Winkel, so erhält man eine kegelförmige Tüte mit einem Winkel größer als 60° . Setzt man diese in einen Trichter mit einem Konuswinkel von 60° ein, so liegt das Filter nur oben dicht an der Glaswand an; ein derartiges „hängendes Filter“ filtriert rascher als ein überall gleichmäßig anliegendes.

einer Seite beginnend, jedes Achtel des Halbkreises aus freier Hand nochmals mit den Daumen, Zeige- und Mittelfingern beider Hände; dabei dienen die mit den Spitzen aneinander gelegten Mittelfinger als Unterlage. In Fig. 4b ist die linke Hälfte des Filters so behandelt, die rechte noch nicht. Nun wird das Filter zur Tüte geöffnet und in den Trichter eingesetzt (Fig. 4c).

Beim **Filtrieren** gießt man das Filter nie ganz voll, damit nichts über den Rand des Filters steigt. Mit dem **Auswaschen**, zu dem die Spritzflasche verwendet wird, beginnt man erst, wenn alle Flüssigkeit aus dem Filter abgelaufen ist und nachdem man sich durch Zugabe eines Tropfens des Fällungsmittels zum Filtrat davon überzeugt hat, daß die Fällung vollständig war. Beim Auswaschen läßt man das Filter jedesmal erst ganz abtropfen, ehe man weiteres Waschwasser aufspritzt¹⁾. Die Hauptregel für das Auswaschen ist: oftmals mit wenig Wasser auswaschen und jedesmal möglichst vollständig ablaufen lassen! Vgl. S. 112.

Da der Filtrationsprozeß bei feinflockigen Niederschlägen sehr langsam verläuft, ist es zuweilen empfehlenswert, die Fällung im Glas absitzen zu lassen, darauf zunächst die über dem Niederschlag stehende klare Flüssigkeit, ohne diesen aufzuwirbeln, durch das Filter abzugießen und erst dann den Niederschlag mit etwas Wasser aufs Filter zu spülen. Man bezeichnet dieses Abgießen einer Flüssigkeit von einem Niederschlag als „**Dekantieren**“; es gelingt bei schweren Niederschlägen leicht.

Zentrifugieren

Zur Trennung fester Stoffe von flüssigen verwendet man anstelle des Filtrierens oft mit Vorteil das Zentrifugieren. Es gelingt schon mit einer einfachen, von Hand betriebenen Zentrifuge, Zentrifugalbeschleunigungen zu erzielen, die ein Vielfaches der normalen Schwerebeschleunigung betragen. Dadurch wird ein rasches Sedimentieren (Absetzen) der festen Partikeln bewirkt, die — wie es meist der Fall ist — dichter als die umgebende Flüssigkeit sind. Bevor man die Zentrifuge in Betrieb setzt, ist sie auszuwuchten. Bei der Handzentrifuge genügt es, der zu sedimentierenden Probe gegenüber ein Glasrohr mit einer annähernd gleich schweren Wasserfüllung einzusetzen; bei größeren elektrisch angetriebenen Zentrifugen, die erheblich stärkere Kräfte erzeugen können, müssen Probe und Gegengewicht auf der Waage genau austariert werden, weil die Zentrifuge sonst auseinanderfliegen und erhebliche Zerstörungen anrichten kann.

¹⁾ Bei schleimigen Niederschlägen, wie z. B. Aluminiumhydroxid (vgl. S. 105), darf man das Ablaufen der Flüssigkeit nur so weit fortschreiten lassen, daß der Niederschlag noch feucht bleibt. Denn beim Trockenwerden springt die Masse in kleine Schollen entzwei, zwischen denen das Waschwasser wirkungslos vorbeilaufen würde.

Zum Zentrifugieren kleiner Mengen, wie sie bei den hier beschriebenen Versuchen und bei der qualitativen Analyse verwendet werden, benutzt man im unteren Teil schwach konische Zentrifugenröhrchen (Fig. 5), mit deren Hilfe man auch sehr kleine Niederschlagsmengen am verjüngten



Figur 5.
Zentrifugenglas.
Etwa $\frac{1}{3}$ natürl.
Größe

Ende des Rohres gut sammeln kann. Die Röhrchen müssen eine etwas stärkere Wand als die gewöhnlichen Reagensgläser besitzen, damit sie den Kräften standhalten, die beim Zentrifugieren auftreten. Man darf die Zentrifugengläser nicht über freier Flamme erhitzen, weil wegen ihrer Form auch bei geringer Füllhöhe die Gefahr des Herausspritzens infolge Siedeverzugs sehr groß ist; bei Rohren aus gewöhnlichem Glas (nicht sog. Geräteglas) verbietet sich die unmittelbare Erhitzung mit dem Brenner auch deshalb, weil sie dabei infolge ihrer größeren Wandstärke leicht springen. Ist eine Erhitzung der zu zentrifugierenden Mischung erforderlich, so muß dies vorher in einem Reagensglas erfolgen oder man hängt das Zentrifugenglas in ein Wasserbad; wenn für diesen Zweck kein Wasserbaddeckel mit passenden Öffnungen, die die Zentrifugengläser halten, zur Verfügung steht, so kann man das Hineinfallen des Zentrifugenglases dadurch verhindern, daß man es am oberen Ende in einer Reagensglaskammer befestigt.

Die Abtrennung der überstehenden, durch das Zentrifugieren geklärten Flüssigkeit erfolgt am besten mit einer Tropfpipette, die man langsam nach unten senkt, während mittels der Gummikappe angesaugt wird. Zum Auswaschen gibt man wenig einer geeigneten Flüssigkeit zu und wirbelt mit einem dünnen, unten rund geschmolzenen Glasstab den oft sehr fest am Boden haftenden Niederschlag gut auf. Anschließend wird erneut zentrifugiert und die Waschflüssigkeit abpipettiert. Das Auswaschen erfordert im Zentrifugenglas weniger Waschflüssigkeit als auf dem Filter.

Der Bunsenbrenner, das Gebläse und das Lötrohr

Der Bunsenbrenner. Zur Erzeugung höherer Temperaturen benutzt man heute im chemischen Laboratorium im großen Umfang elektrische Öfen. Wenn nur kleine Proben z. B. im Reagensglas erhitzt werden sollen, wie es bei den im vorliegenden Buch beschriebenen einfachen Versuchen meist der Fall ist, so verwendet man zweckmäßig den von Robert Bunsen erfundenen und nach ihm benannten Gasbrenner. Dieser besitzt an dem unteren Teil des eigentlichen Brennerrohres ein mit Öffnungen versehenes Rohrstück, das so verstellt werden kann, daß der Gasstrom mehr oder weniger große Mengen Luft ansaugt. Stellt man es so ein, daß keine

Luft eintritt, so erhält man eine gelbe, „leuchtende“ Flamme. Dieses Leuchten rührt daher, daß infolge der ungenügenden Luftzufuhr im Inneren der Flamme eine unvollständige Verbrennung stattfindet. Von den Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, aus denen das Leuchtgas besteht, vereinigt sich dabei der Wasserstoff leichter mit dem Luft-sauerstoff, während der Kohlenstoff im wesentlichen nur am Flammenrand verbrennt. Bei der Flammentemperatur leuchten die vorübergehend gebildeten festen Kohlenstoff-(Ruß-)Teilchen. Infolge dieses Gehalts an unverbrannten brennbaren Stoffen kann diese Flamme Stoffen, die leicht Sauerstoff abgeben, den Sauerstoff entziehen: sie wirkt schwach „reduzierend“¹⁾. Stärkere Reduktionswirkungen erzielt man mit dem Lötrohr (s. S. 12).

Läßt man dagegen durch die Öffnung Luft Zutreten, so verbrennt auch der Kohlenstoff rascher. Da die Flamme infolgedessen glühende feste Teilchen nicht enthält, leuchtet sie nicht („entleuchtete“ Flamme). In diesem Falle unterscheidet man einen inneren, blauen Kegel und einen äußeren, bei reinem Brenner und staubfreier Luft nahezu farblosen Mantel. Der innere Kegel ist verhältnismäßig kalt. Hält man ein Stückchen Holz (Streichholz ohne Kuppe) einen Augenblick quer in die Flamme, so verkohlt es nur an den Stellen, mit denen es sich in dem äußeren Mantel befindet. Da der innere Kegel unverbranntes Gas im Überschuß enthält, wirkt er reduzierend. Besonders geeignet für Reduktionswirkungen ist seine oberste Spitze, weil er an dieser am heißesten ist. Am äußeren Rande des äußeren Kegels findet sich ein geringer Sauerstoffüberschuß; dieser Teil wirkt daher schwach oxidierend, er kann hineingebrachten Substanzen Sauerstoff zuführen. Bessere Oxidationswirkungen erzielt man jedoch mit dem Gebläse (s. unten) oder dem Lötrohr.

Ist die Luftzufuhr zu groß oder der Gasdruck zu klein, so „schlägt“ der Brenner „zurück“, d. h. die Verbrennung erfolgt im Inneren des Brennerrohrs an der Gaseintrittsdüse. In solchen Fällen muß die Gaszufuhr sofort abgestellt werden²⁾, da sonst der Brenner beschädigt wird. Nach dem Erkalten des Brenners stellt man dann die Luftzufuhr etwas kleiner oder die Gaszufuhr größer.

Den Instituten erwachsen durch den Gasverbrauch große Unkosten. Es ist deshalb eine selbstverständliche Pflicht eines jeden Studierenden, Gasverschwendung zu vermeiden. Bei Nichtbenutzung des Brenners lasse man daher nur die Sparflamme brennen. Ist eine entsprechende Einrichtung am Brenner nicht vorhanden, so stellt man die Luftzufuhr ab und drosselt dann die Gaszuführung so stark, daß nur noch eine kleine Flamme brennt.

Zur Erhitzung kleiner Reagensgläser, die zur Vermeidung von Siedeverzug um so weniger hoch gefüllt sein dürfen, je enger sie sind, und zur Erwärmung von Objektträgern hält man diese über, nicht in die Spar-

¹⁾ Näheres über die Begriffe „Reduktion“ und „Oxidation“ siehe S. 19 u. S. 41 ff.

²⁾ Manchmal hilft ein kurzer Schlag auf den Gasschlauch!

flamme des Brenners; man kann auch nach Abschrauben des Brennerrohres eine kleine Flamme aus der Gaszuführungsdüse brennen lassen und diese benutzen.

Gebläse. Braucht man höhere Temperaturen, z. B. zum Erhitzen von Porzellantiegeln, so benutzt man einen Gebläsebrenner, bei dem dem Gas vor der Verbrennung komprimierte Luft zugeführt wird. Das Einblasen der Luft erfolgt meist durch ein maschinell betriebenes Gebläse oder ein Wasserstrahlgebläse.

Noch höhere Temperaturen erzielt man durch ein Sauerstoff-Leuchtgasgebläse, bei dem an Stelle von Luft Sauerstoff zugeführt wird, den man einer Stahlflasche entnimmt. Die Flamme wirkt in diesem Falle stark oxidierend. Für die üblichen Laboratoriumsarbeiten des Studierenden ist jedoch dieses Gebläse ebensowenig erforderlich wie das noch heißere Wasserstoff-Sauerstoff-(„Knallgas“)-Gebläse.

Gebrauch des Lötrohres. Durch den Bunsenbrenner ist das sehr viel ältere Lötrohr nicht überflüssig geworden, weil es anderen Zwecken dient. Man benutzt es dazu, eine kräftige, kleine Stichflamme horizontal zu treiben und damit Stoffe hoch zu erhitzen, die auf einer die Wärme schlecht leitenden Unterlage, gewöhnlich einem Stück Holzkohle, liegen. Durch Regelung der Luftzufuhr kann man in der Flamme einen Überschuß an unverbranntem Gas oder an sauerstoffhaltiger Luft vorherrschen lassen und erhält so eine „Reduktionsflamme“ oder eine „Oxidationsflamme“. Deren reduzierende bzw. oxidierende Wirkung ist bedeutend kräftiger als die des Bunsenbrenners. Die Handhabung des Lötrohres erfordert etwas Übung. Man bläst nicht mit der Lunge, sondern mit den Muskeln der aufgeblasenen Backen, während man durch die Nase weiteratmet. Die verbrauchte Luft wird aus dem Rachenraum durch geeignete Bewegungen von Zungenwurzeln und Gaumensegel ergänzt.

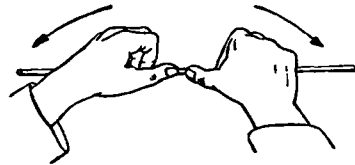
Als Flamme benutzt man am besten eine Paraffinlampe mit flachem Docht; für viele Zwecke genügt eine kleine leuchtende Flamme des Bunsenbrenners¹⁾, dessen Rohr einen Aufsatz aus Blech mit einer schwach schräg nach oben gerichteten, rechteckigen Öffnung von etwa 3×30 mm trägt (Breitbrenneraufsatz). Um eine Oxidationsflamme zu erhalten, führt man die Spitze des Lötrohres 1–2 cm über der Mündung des Brenners mitten in die Flamme ein und bläst kräftig, so daß aus der Brennerflamme ein Flammenspitzenchen seitlich herausgeblasen wird; in ihm erkennt man deutlich einen kurzen, inneren Kegel und den ihn zum Teil umhüllenden, zum Teil fortsetzenden Flammenmantel, den eigentlichen Oxidationsraum. Zur Erzeugung einer Reduktionsflamme taucht man die Spitze des Lötrohres nicht in die Flamme des Bunsenbrenners ein, sondern führt sie nur an die — natürlich nicht entleuchtete — Flamme heran und bläst nur schwach, so daß ein großer Teil der Flamme, in dem sich weder ein innerer Kern noch ein äußerer Mantel erkennen lassen, zur Seite schlägt.

¹⁾ Leuchtgas ist aber nicht immer ganz frei von Schwefelverbindungen!

Die Bearbeitung des Glases

Der Chemiker kommt beim Zusammenstellen von Apparaten und bei anderen Gelegenheiten oft in die Lage, Glasröhren biegen zu müssen, sie abzuschmelzen, Bruchstellen abzurunden usw. Es ist sehr erwünscht, wenn er sich darin bald eine gewisse Fertigkeit aneignet. Im folgenden seien einige Fingerzeige über die allereinfachsten Glasarbeiten gegeben; besser als aus ihnen wird man die Sache durch Zusehen bei einem Geübten lernen. Sehr empfehlenswert ist es, während des Studiums möglichst frühzeitig an einem Glasblasekursus teilzunehmen.

Glasrohr schneiden. Glasröhren bis zu 1 cm Durchmesser zerschneidet man in folgender Weise. Mit einem scharfen Glasmesser wird das Glasrohr zum Fünftel bis Viertel seines Umfanges eingeritzt. Dann faßt man das Rohr gemäß Fig. 6 voll mit beiden Händen und bricht es unter schwachem Ziehen auseinander. Bricht das Rohr nicht bei leisem Druck, so muß man die Ritzstelle vertiefen.



Figur 6. Glasrohr brechen

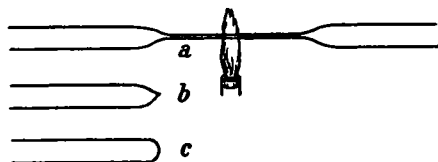
Die im Text beschriebene Ritzstelle befindet sich zwischen den Daumen auf der vom Beschauer abgewendeten Seite des Glasrohres

Handelt es sich darum, weitere Glasröhren zu zerlegen oder engere dicht an einem Ende abzuschneiden, so empfiehlt es sich, die Röhren abzusprengen. Zu diesem Zwecke ritzt man ebenfalls und berührt dann das Ende des Ritzes mit der auf Rotglut erhitzten Spitze eines dünnen Glasstabes.

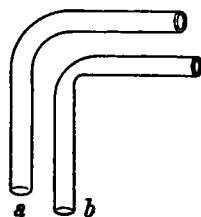
Enden abrunden. Bei jedem Glasrohr, das verwendet werden soll, müssen die scharfkantigen Bruchstellen des Glases abgerundet werden. Dies macht man einfach dadurch, daß man das Ende des Rohres in der leuchtenden Flamme des Gebläses (d. h. ohne Luftzufuhr) 2—3 cm weit unter Drehen anwärmt und dann das äußerste Ende des Rohres in der entleuchteten Gebläseflamme (d. h. mit Luftzufuhr) unter beständigem Drehen erweicht; dabei schmilzt der Rand glatt. Man hüte sich, ein zu großes Stück des Glasrohres zu erweichen, weil sonst leicht der Durchmesser des Rohres durch Einfallen des erhitzten Teiles am Ende enger wird. Bei sehr weiten Röhren muß sehr sorgfältig angewärmt werden, da sonst leicht Sprünge entstehen.

Herstellung einseitig geschlossener Glasröhrchen („Glühröhrchen“). Zu Glüh- und Sublimationsversuchen verwendet man vielfach einseitig geschlossene Röhrchen. Zu ihrer Herstellung schneidet man ein Glasrohr von etwa 0,6 cm äußerem Durchmesser in etwa 12 cm lange Stücke. Ein solches Stück erweicht man in der Mitte unter fortwährendem Drehen in der Gebläseflamme; wenn das Glas ganz weich geworden ist, nimmt

man es aus der Flamme und zieht es sofort so aus, daß ein etwa 10—15 cm langes, enges Glasröhrchen die beiden weiteren Stücke verbindet. Die Mitte dieses engen Teiles hält man nun noch einen Augenblick in die Flamme, bis das Glas weich wird (Fig. 7a), und zieht dann auseinander. Nun nimmt man die eine Hälfte, erweicht unter beständigem Drehen die Verjüngungsstelle und zieht den Glasfaden ab, so daß das etwa 6 cm lange Röhrchen jetzt vollkommen geschlossen ist (Fig. 7b). Um den zunächst zugespitzten und ungleichmäßigen Verschluß abzurunden, erhitzt man das Ende nochmals unter beständigem Drehen und bläst nach dem Herausnehmen aus der Flamme mit dem Mund vorsichtig auf; dies wird, wenn nötig, wiederholt, bis das Glasröhrchen durch eine Rundung von gleichmäßiger Wandstärke geschlossen ist (Fig. 7c). Bleibt an



Figur 7. Herstellung einseitig geschlossener Glasröhrchen



Figur 8. Glasrohr biegen

einer Stelle eine Verdickung, so springt das Glas beim Erhitzen leicht. In gleicher Weise können Reagensgläser, deren Boden zerbrochen ist, wiederhergestellt werden.

Glasrohr biegen. Zum Biegen enger Glasröhrchen kann man zur Not die leuchtende Flamme eines sogenannten Schnittbrenners verwenden, die es gestattet, eine längere Strecke gleichmäßig zu erhitzen. Besser ist es, wenn sich schon der Anfänger daran gewöhnt, das Biegen von Glasröhren unter Benutzung der Gebläseflamme vorzunehmen, da man so auch weitere Röhren verarbeiten kann. Ein richtig gebogenes Rohr soll überall gleichen Durchmesser und annähernd gleiche Wandstärke besitzen (Fig. 8a), nicht einen Knick, wie in Fig. 8b. Das Schwierigste beim Biegen ist das gleichmäßige Erhitzen des Glasrohres auf eine genügende Länge. Da die Gebläseflamme nur eine geringe Breite hat, muß man so vorgehen, daß man das zu biegende Glasrohr unter fortwährendem Drehen so lange in der Gebläseflamme erhitzt, bis es an der erhitzten Stelle dickwandig geworden ist (Fig. 9a). Dabei faßt die linke Hand von oben (Fig. 10); sie trägt und führt die linke Hälfte des Rohres, vornehmlich mit den drei letzten Fingern, während Zeigefinger und Daumen die Geschwindigkeit des Drehens bestimmen. Die rechte Hand unterstützt die andere Hälfte des Glasrohres an ihrem Schwerpunkt mittels Ring- und Mittelfinger und dem oberen Teil des Zeigefingers; Zeigefinger und Daumen sorgen dafür,