

HEINRICH BILTZ

# Experimentelle Einführung in die anorganische Chemie

36. – 41. Auflage

herausgegeben von

WILHELM KLEMM und WERNER FISCHER

Mit 24 Figuren und 1 Tafel



BERLIN 1946

WALTER DE GRUYTER & CO.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung / J. Guttentag, Verlags-  
buchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten**  
Copyright 1946 by Walter de Gruyter & Co.  
vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung – J. Guttentag, Verlags-  
buchhandlung – Georg Reimer – Karl J. Trübner – Veit & Comp.  
Berlin W 35, Woyrschstraße 13

Printed in Germany  
Photomechan. Nachdruck von August Raabe, Berlin-Neukölln  
Archiv-Nr. 52 07 46

## Aus den Vorworten zur 21. bis 29. Auflage

Die erste Auflage dieses Buches wurde von H. Biltz im Jahre 1898 für den Gebrauch im Kieler chemischen Universitätslaboratorium verfaßt. Seit dieser Zeit ist es in fast 20000 Exemplaren verbreitet worden und hat eine sehr große Zahl von Chemikern darin unterstützt, sich die ersten Kenntnisse in der Chemie zu erwerben. 40 Jahre sind für ein sich so rasch fortentwickelndes Gebiet wie die anorganische Chemie eine lange Zeit; es haben sich in dieser Zeit nicht nur die Kenntnisse vermehrt, sondern auch die theoretischen Anschauungen vertieft. Auch haben sich die Ansichten darüber, wie man den Studenten mit dem bestmöglichen Wirkungsgrade die Grundzüge der Chemie lehrt, in manchem geändert. Als daher Herr Prof. Biltz uns im Einvernehmen mit dem Verleger aufforderte, einmal zu überprüfen, ob das Buch nicht an manchen Stellen den Anforderungen der Jetztzeit noch besser angepaßt werden könnte, haben wir diese Aufgabe sehr gern übernommen; denn wir haben beide als Lernende (W. Klemm als Schüler von H. Biltz, W. Fischer als Schüler von W. Biltz) wie als Lehrende das Buch gründlich kennen und schätzen gelernt.

Bei dieser Neubearbeitung lag kein Grund dafür vor, an dem Gesamtcharakter des Buches etwas zu ändern. Insbesondere 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 einmal halten wir 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. Zum anderen soll das Buch kein Ersatz für Vorlesung und Lehrbuch sein. Es soll vielmehr neben diesen benutzt werden und dem Anfänger die Kenntnis des stofflichen Verhaltens und einen Einblick in die theoretischen Fragen vermitteln, die ihm das Verständnis und die Ordnung der Fülle der Einzelercheinungen erleichtern.

Unsere Überarbeitung beschränkte sich vielmehr auf folgendes: Einmal wurde das Perioden-System der Elemente, das leitende Prinzip alles Lernens und Forschens, zur Grundlage der Einteilung gemacht. Auf diese Weise hoffen wir, schon dem Anfänger das Ver-

ständnis größerer Zusammenhänge zu erleichtern. Die bisherige Einteilung des Stoffes nach vorwiegend analytischen Gesichtspunkten bringt, wie wir des öfteren feststellen konnten, leicht Mißverständnisse mit sich. Überhaupt haben wir den Charakter des Buches als Einführung in das analytische Arbeiten eine Kleinigkeit zurücktreten lassen. Dagegen haben wir den Stoff dadurch vermehrt, daß wir außer den in Anfängerbüchern in der Regel allein behandelten Elementen auch einige Angaben über die meist zu Unrecht als „selten“ bezeichneten Elemente angeführt haben, da diese in Wissenschaft und Technik eine von Tag zu Tag steigende Bedeutung gewinnen. Es wird sich jedoch empfehlen, diesen Teil erst durchzuarbeiten, nachdem einige Erfahrungen in der qualitativen Analyse der anderen Elemente gesammelt worden sind. — Auf den Wunsch aus Benutzerkreisen wurden einige Reaktionen mit organischen Reagentien aufgenommen. Berücksichtigt sind dabei nur solche Fälle, die für die qualitative Analyse von Bedeutung sind. Reagentien, die nur für die quantitative Analyse in Frage kommen (z. B. Oxychinolin, Cupferron) sind nicht aufgeführt.

Zum anderen sind die theoretischen Abschnitte Neubearbeitet und zum Teil wesentlich erweitert worden. Es handelt sich dabei meist um Fragen, die in der Experimentalvorlesung nicht in dieser Ausführlichkeit besprochen werden, ohne deren Kenntnis aber ein erfolgreiches analytisches Arbeiten nicht möglich ist. Der Studierende wird am Anfang mit diesen Abschnitten manchmal eine gewisse Mühe haben. Er begnüge sich aber in keinem Falle mit einem oberflächlichen Lesen und einem halben Verständnis. Vielmehr mache er es sich zur Regel, diese Abschnitte immer wieder durchzuarbeiten. Besonders fruchtbar wird es sein, wenn er sich nach dem Durcharbeiten eines Teiles des Buches die an früherer Stelle stehenden Abschnitte erneut vornimmt; es wird dann manches klar werden, was beim ersten Lesen vielleicht unverständlich blieb. Einzelne Sätze, die grundlegende Definitionen enthalten und daher am besten auswendig zu lernen sind, sind fett gedruckt worden.

Die neue Nomenklatur ist überall durchgeführt; in vielen Fällen sind jedoch die bisherigen Bezeichnungen in Klammern beigefügt, damit beim Studium von Lehrbüchern und älterer Originalliteratur keine Schwierigkeiten entstehen.

Es dürfte zweckmäßig sein, 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. Qual.-anal. Ausbildung: Einfacher Kationengang; „Schulanalyse“.

3. Experimentelle Einführung: Nichtmetallverbindungen II. Teil.
4. Qual.-anal. Ausbildung: Säuren; Säuren kombiniert mit den Kationen der Schulanalyse.
5. Experimentelle Einführung: Metallverbindungen II. Teil.
6. Qual.-anal. Ausbildung: Analysen über alle Elemente; insbesondere Mineralien, technische Produkte usw.

Man kann auch schon nach S. 69 Beispiele aus der Ammoniumcarbonat- und der Magnesium-Alkalimetall-Gruppe, nach S. 136 die Ammoniak- und Ammoniumsulfid-Gruppe und nach S. 159 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 wie für das experimentelle Arbeiten an dieser Stelle besonders groß ist.

Den neuen Bestimmungen für das Chemiestudium (1939) entspricht diese Einführung ebenso wie den früheren. Die Verkürzung der Studienzeit verlangt eine ganz besonders solide Grundlage; der Student sollte daher auf das Erlernen der in dieser Einführung behandelten Grundbegriffe ganz besondere Sorgfalt verwenden. Sehr erfreut hat uns die von befreundeter Seite ausgesprochene Anerkennung, daß sich das Buch unter den Kriegsverhältnissen, d. h. bei einem starken Andrang von Studierenden und einem Mangel an Assistenten, besonders bewährt hat.

## Vorwort zur 30. bis 32. Auflage

Da die 27.—29. Auflage bereits nach weniger als einem Jahr zur Neige geht, haben wir uns zur Beschleunigung der z. Z. erschwerten Drucklegung auf einige kleinere Änderungen beschränkt.

Juli 1942

W. Klemm

W. Fischer

# Inhalt

Theoretische Abschnitte sind *kursiv* gedruckt

	Seite
Einleitung .....	1
Allgemeine Vorsichtsmaßregeln beim Arbeiten im Laboratorium . . . . .	4
Das Umfüllen von Reagentien .....	5
Filter und Filtrieren .....	6
Der Bunsenbrenner, das Gebläse und das Lötrohr .....	8
Die Bearbeitung des Glases .....	10
Kork bohren .....	13
Nichtmetallverbindungen, erster Teil .....	15
<i>Säuren, Basen, Salze</i> .....	15
Salzsäure und Chlor .....	16
<i>Chemische Umsetzungen</i> .....	20
<i>Konzentration der Lösungen; Normallösungen</i> .....	21
Schwefelsäure .....	22
<i>Elektrolytische Dissoziation; Ionenlehre</i> .....	25
<i>Chemische Bindungskräfte</i> .....	29
<i>Oxydation und Reduktion</i> .....	32
Schweflige Säure .....	34
Salpetersäure und Stickstoffoxyde .....	35
Kohlendioxyd und Kohlensäure .....	40
Schwefelwasserstoff .....	42
Phosphorsäure, <i>Saure Salze</i> .....	45
<i>Namen anorganischer Stoffe</i> .....	50
Metallverbindungen, erster Teil .....	52
Alkalimetalle .....	52
Natrium .....	52
Kalium .....	57
Ammonium .....	59
Erdalkalimetalle und Magnesium .....	62
Erdalkalimetalle .....	62
Calcium .....	62
Strontium und Barium .....	66
Magnesium .....	67
<i>Chemisches Gleichgewicht</i> .....	69
<i>A. Das Wesen der chemischen Gleichgewichte</i> .....	69
<i>B. Das Massenwirkungsgesetz</i> .....	73
<i>C. Anwendungen des Massenwirkungsgesetzes auf homogene</i> <i>Reaktionen in wäßriger Lösung</i> .....	76
<i>D. Bedeutung des Massenwirkungsgesetzes für heterogene</i> <i>Reaktionen</i> .....	83
<i>E. Ursachen für den Eintritt von Reaktionen</i> .....	85
Aluminium .....	87
<i>Säuren- und basenbildende Oxyde</i> .....	91

## Inhalt

	VII
	Seite
Elemente der Gruppe Ib .....	95
Silber .....	95
<i>Komplexverbindungen und Doppelsalze</i> .....	98
Kupfer .....	103
<i>Elektroaffinität</i> .....	107
Elemente der Gruppe IIb .....	108
Zink .....	108
Cadmium .....	111
Quecksilber .....	111
Übergangselemente .....	116
Eisengruppe .....	117
Eisen .....	117
Kobalt .....	124
Nickel .....	126
Chrom .....	127
Mangan .....	133
<i>Aufschließen</i> .....	136
Weitere Elemente der b-Gruppen .....	138
Zinngruppe .....	139
Zinn .....	139
<i>Kolloide Lösungen</i> .....	142
Blei .....	144
<i>Sulfide</i> .....	147
Arsengruppe .....	148
Arsen .....	148
Antimon .....	155
Wismut .....	158
 Nichtmetallverbindungen, zweiter Teil .....	 160
VII. Gruppe .....	160
Halogene .....	160
Halogenwasserstoffe .....	160
Halogensauerstoffverbindungen .....	162
VI. Gruppe .....	166
Wasserstoffperoxyd .....	166
Säuren des Schwefels .....	167
Selen und Tellur .....	169
V. Gruppe .....	171
Hydrazin, Hydroxylamin .....	171
Salpetrige Säure und Nitrite .....	171
Phosphorige Säure .....	173
IV. Gruppe .....	174
Silicium .....	174
III. Gruppe .....	176
Borsäuren .....	176
 Metallverbindungen, zweiter Teil .....	 178
Lithium, Beryllium .....	178
Seltene Erden .....	179
Titan, Zirkonium, Thorium .....	180
Vanadin, Niob, Tantal .....	181
Molybdän, Wolfram, Uran .....	183
Thallium .....	186
Namen- und Sachregister .....	187



## Einleitung

Zum flotten Arbeiten im chemischen Laboratorium sind einige Hilfsmittel nötig, die der Praktikant sich auf seinem Arbeitsplatz zu halten hat, nämlich: eine Schere, ein Glasmesser zum Glascneiden, eine an ihrer stärksten Stelle noch nicht ganz bleistift-dicke Rundfeile zum Glätten und Erweitern von Löchern in Korken, ferner Pinzette, Lötrohr und einige einseitig geschlossene Glasröhrchen, deren Anfertigung auf S. 11 bis 12 beschrieben ist. Dazu kommen: eine ausreichende Anzahl von Probiergläsern verschiedener Größe<sup>1)</sup> mit Gestell, Trichter, Kölbchen, einige dünne Glasstäbe mit rund geschmolzenen Enden, kleine Bechergläschen, eine Spritzflasche, Porzellantiegel und Abdampfschalen, schließlich ein Filtriergestell, ein eiserner Dreifuß (oder ein Stativ mit verschiebbarem Ring) nebst Drahtnetz als Kochgestell und ein Gasbrenner<sup>2)</sup>. Der für manche Zwecke benötigte Spatel kann aus Glas, Porzellan, Horn oder Reinnickel bestehen; 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 Glasstabe in einem Kork befestigt — in einem mit Salzsäure halbgefüllten Probierglase 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 sollte jeder im Besitz einer einfachen Schutzbrille mit splittersicherem Glase sein<sup>3)</sup>. Schließlich sind ein Wischtuch und ein Handtuch unentbehrlich; empfehlenswert ist eine Hasenpfote zum Reinigen des Arbeitsplatzes.

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

2) Früher benutzte man zum Halten heißer Probiergläser oft Probierglasklemmen. Dafür verwendet man besser ein Stück Papier von etwa Oktavgröße, das durch einige Längskniffe zu einem Streifen zusammengefaltet ist.

3) Z. B. zu beziehen von Robert Kirsten, Düsseldorf.

Alle Glassachen seien stets sauber. Bechergläser werden gereinigt, mit destilliertem Wasser ausgespült und nach dem Abtropfen mit nach unten gestellter Öffnung auf Filtrierpapier, mit dem der Schrank zum Teile 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 Probiergläser werden stets bald nach den Versuchen gereinigt. Dazu reicht meist Wasser und eine Gänsefeder oder eine Probierglasbürste aus; zur Entfernung fest haftender Niederschläge nimmt man eventuell einige Tropfen roher, konzentrierter Salzsäure zu Hilfe<sup>1)</sup>. 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 Probiergläser mit der Mündung nach unten auf die Zapfen, die zu diesem Zwecke an der Hinterseite des Gestells angebracht sind, oder auch in die Öffnungen des Probierglasgestells. Man halte sich stets einige trockene Probiergläser vorrätig, weil solche zu manchen Versuchen nötig sind.

Durch Befolgen dieser Vorschriften kann man sich Zeitverlust und Mißerfolge ersparen. Überhaupt muß mit größtem 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 sei stets vorbildlich sauber und ordentlich gehalten sowie mit Verständnis geordnet. Eisensachen, Filter, Glas- und Porzellansachen dürfen kein malerisches Durcheinander bilden, sondern müssen getrennt aufbewahrt werden.

Die meisten Versuche dieses Leitfadens werden in Probiergläsern 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, von einigen Ausnahmen abgesehen, mit  $\frac{1}{2}$ —1 ccm der Lösungen vollständig auskommt. Man halte sich an diese Vorschrift nicht nur zu dem Zwecke, keine Chemikalien zu vergeuden, sondern vor allem, um Zeit zu sparen.

Wichtig ist es auch, daß man sich von vornherein darin übt, Gewichte und Raummaße abzuschätzen. Es empfiehlt sich, ein Probierglas zunächst leer, dann zum Fünftel, zur Hälfte, schließlich ganz mit Wasser gefüllt zu wägen, um dadurch eine Vorstellung

<sup>1)</sup> Zum Reinigen von Glasoberflächen, die mit Fett oder ähnlichen Stoffen verschmutzt sind, benutzt man eine Auflösung von Alkalipyrochromat (vgl. S. 132) in konzentrierter Schwefelsäure („Chrom-Schwefelsäure“) oder eine alkalische Lösung von Alkalipermanganat (vgl. S. 133/34).

vom Inhalte eines Probierglases und seiner Teile zu erhalten. Auch ist anzuraten, ein Probierglas 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 ist oft nützlich.

Es ist unbedingt erforderlich, daß über die Arbeiten im Laboratorium sorgfältig und ausführlich Protokoll geführt wird, und zwar nicht auf losen Zetteln, Zigarettenschachteln 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 Versuches die Beobachtungen, ohne das Buch zur 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 es sich ferner zum Grundsatz macht, jede im Probierglase 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 sei übersichtlich und auch für einen anderen lesbar.

Das allerwichtigste Erfordernis für ein erfolgreiches und flottes 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 durchgearbeitet und aufgeklärt ist. Unklarheiten und Zweifel lasse man nicht 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; selbstverständlich sind diese theoretischen Abschnitte nicht imstande, das Hören einer Vorlesung über analytische Chemie, die sich auf der Theorie der wäßrigen Lösungen und dem Massenwirkungsgesetze aufbaut, zu ersetzen. Zu einem näheren Studium der theoretischen Verhältnisse sei namentlich auf „Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“ von W. Ostwald (Verlag Steinkopff, Dresden und Leipzig) und auf die „Qualitative Analyse“ von W. Böttger (Verlag von W. Engelmann, Leipzig) verwiesen.

## 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 Probiertglase*, besonders von solchen, in denen feste Teilchen ausgeschieden sind, ist das Probiertglas leicht und andauernd zu bewegen. Durch diese leichten Schüttelbewegungen wird einem Siedeverzuge und dem damit verbundenen Herauskothen der Flüssigkeit aus dem Rohre vorgebeugt. Außerdem werden dadurch die Wände des Rohrs innen, soweit sie erhitzt werden, andauernd mit Flüssigkeit befeuchtet, wodurch eine Überhitzung der Glaswände vermieden wird. Beim Kochen im Probiertglase halte man stets die Mündung von sich und anderen Personen ab, damit niemand verbrüht werde, falls doch einmal ein Herauskothen stattfinden sollte.

2. Versuche, bei denen *übelriechende oder giftige Gase* entstehen, müssen unter allen Umständen unter dem Abzuge 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.

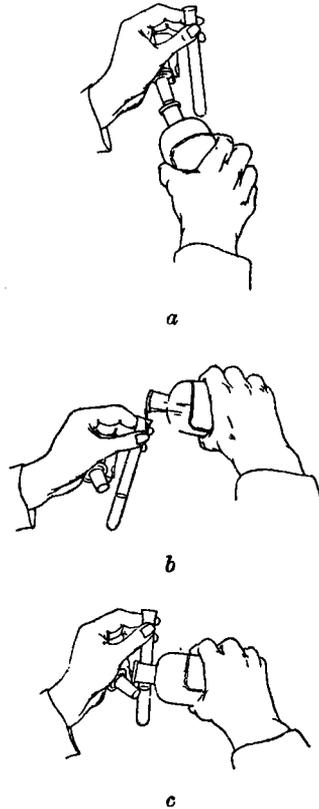
3. Bei manchen Versuchen muß man mit *giftigen* Substanzen (z. B. Natriumcyanid) arbeiten. In diesen Fällen ist besonders auf *peinlichste Sauberkeit zu achten* (nichts verschütten, sofortiges Säubern der Geräte und der Hände). Man bringt sonst sich selbst in Lebensgefahr und gefährdet unter Umständen 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 Versuches kann man sich schützen. Auf keinen Fall versäume man in den Fällen, in denen auch nur die entfernte Möglichkeit einer Explosion oder des Verspritzens von Alkalien und Säuren besteht, die Augen durch eine *Schutzbrille* zu schützen (vgl. S. 1).

### Das Umfüllen von Reagentien

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.

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 Probierglas 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 Probierglases aufzusetzen (Fig. 1b). Berührt man das Probierglas, 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 Probierglase 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.



Figur 1. Ausgießen von Flüssigkeiten

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.

Führt man Reaktionen durch, bei denen sich beim Zugeben einer Reagensflüssigkeit *Gase entwickeln* (vgl. z. B., S. 17), so gießt man die Lösung nicht aus der Reagentienflasche zu; denn in diesem Falle besteht die Gefahr, daß die sich entwickelnden Gase den ganzen Inhalt der Flasche verunreinigen. Vielmehr füllt man in diesem Falle erst die erforderliche Menge der Flüssigkeit in ein sauberes Probierglas und gießt sie von dort in das Probierglas mit der zu untersuchenden Substanz.

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 unter allen Umständen von Anteilen, die auf den Arbeitstisch gefallen sind.

### 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 einen größeren Vorrat von Filtern verschiedener Größe (etwa 7 und 9 cm Durchmesser) stets vorrätig, und zwar nicht lose im Schubfach herumliegend, sondern in einer geeigneten Pappschachtel.

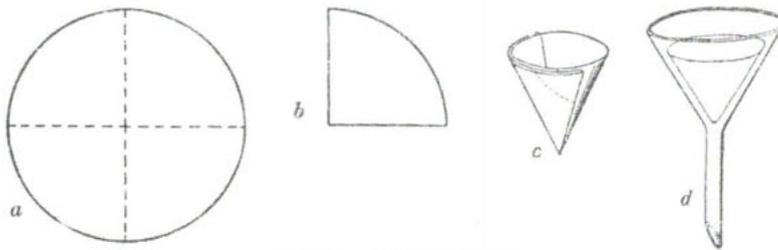
Zum Gebrauch faltet man das Filter zweimal im rechten Winkel (vgl. Fig. 2a), so daß es das Aussehen von Fig. 2b erhält. Diese Papiertüte wird geöffnet (Fig. 2c) und in einen Trichter gesteckt, dessen konischer Teil wenigstens um 1 cm höher ist als das Filter; auf keinen Fall darf das Filter über den Rand des Trichters hinausragen. Jetzt gießt man mit der Spritzflasche Wasser in das Filter und drückt es mit einem Finger an die Trichterwand fest an (Fig. 2d). Das Filtrat läuft nur dann gut ab, wenn das Papier oben überall gut an der Glaswand anliegt, so daß keine Luftblasen auftreten<sup>1)</sup>; 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

---

<sup>1)</sup> Es ist praktisch, die in Fig. 2c gestrichelt gezeichnete Ecke abzureißen oder auch nur einzureißen und um die Knickstelle nach rechts umzuschlagen; denn das Filter liegt dann meist noch besser an.

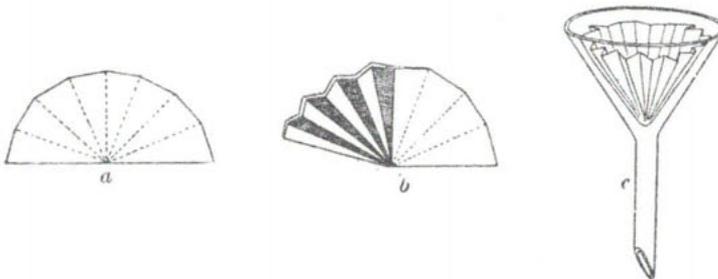
Kniffen des Filters berücksichtigen. Man lernt dies wie überhaupt die Anfertigung eines gut arbeitenden Filters am besten von Geübteren.

Für präparative Arbeiten sind oft die „*Faltenfilter*“ vorzuziehen, da sie ein schnelleres Filtrieren ermöglichen. Man ver-



Figur 2. Filter einlegen

wendet sie aber nur dann, wenn es nicht darauf ankommt, den auf dem Filter gesammelten Niederschlag gut auszuwaschen. Faltenfilter kann man bereits fertig geknifft beziehen. Will man selbst eines herstellen, so geht man am besten von einem kreisförmigen



Figur 3. Faltenfilter

Stück Filtrierpapier aus und beginnt dann in genau der gleichen Weise wie in den Fig. 2a und 2b, nur wird der Viertelkreis (Fig. 2b) noch zweimal im Winkel gefaltet bis zum Sechzehntel-Kreis-ausschnitte. Dann öffnet man zum Halbkreise (Fig. 3a) und knifft von 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. 3b 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. 3c).

Beim *Filtern* gießt man das Filter nie ganz voll, damit nichts über den Rand des Filters steige. 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 aufspritzt<sup>1)</sup>. Die Hauptregel für das Auswaschen ist: oftmals mit wenig Wasser auswaschen und jedesmal möglichst vollständig ablaufen lassen!

Da der Filtrationsprozeß bei feinflockigen Niederschlägen sehr langsam verläuft, ist es zuweilen empfehlenswert, die Fällung im Glase absitzen zu lassen, darauf zunächst die über dem Niederschlage 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 Niederschlage als „*Dekantieren*“; es gelingt bei schweren Niederschlägen leicht.

### Der Bunsenbrenner, das Gebläse und das Lötrohr

*Der Bunsenbrenner.* Zur Erzeugung höherer Temperaturen benutzt man im chemischen Laboratorium heute sehr oft den von Robert Bunsen erfundenen und nach ihm benannten Gasbrenner. Dieser besitzt an dem unteren Teile 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 eine unvollständige Verbrennung stattfindet. Von den Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, aus denen das Leuchtgas besteht, vereinigt sich dabei der Wasserstoff leichter mit dem Luftsauerstoff, während der Kohlenstoff im wesentlichen nur am Flammenrand verbrennt. Bei der Flammentemperatur leuchten die vorübergehend gebildeten festen Kohlenstoff-(Ruß)-Teilchen. Infolge dieses Gehaltes an unverbrannten brennbaren Stoffen kann diese Flamme solchen Stoffen, die leicht Sauerstoff abgeben, den Sauerstoff entziehen: sie wirkt schwach „reduzierend“<sup>2)</sup>. Stärkere Reduktionswirkungen erzielt man mit dem Lötrohr (s. S. 10).

<sup>1)</sup> Bei schleimigen Niederschlägen, wie z. B. Aluminiumhydroxyd (vgl. S. 89), darf man das Ablaufen der Filterflüssigkeit 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.

<sup>2)</sup> Näheres über die Begriffe „Reduktion“ und „Oxydation“ siehe S. 17. u. S. 32.

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 oxydierend, er kann hineingebrachten Substanzen Sauerstoff zuführen. Bessere Oxydationswirkungen erzielt man jedoch mit dem Gebläse (s. unten) oder dem Lötrohr (s. S. 10).

Ist die Luftzufuhr zu groß oder der Gasdruck zu klein, so „schlägt“ der Brenner „zurück“, d. h. die Verbrennung erfolgt im Inneren des Brennerrohres an der Gaseintrittsdüse. In solchen Fällen muß die Gaszufuhr sofort abgestellt werden<sup>1)</sup>, 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 an dem Brenner nicht vorhanden, so stellt man die Luftzufuhr ab und drosselt dann die Gaszuführung so stark, daß nur noch eine kleine Flamme brennt.

**Gebläse.** Braucht man höhere Temperaturen, so benutzt man einen Gebläsebrenner, bei dem dem Gase vor der Verbrennung komprimierte Luft zugeführt wird. Das Einblasen der Luft erfolgt meist durch ein maschinell betriebenes Gebläse oder ein Wasserstrahlgebläse. Benutzt man ein Tretgebläse, so trete man nur so schnell, als es zur Erreichung des Zweckes unbedingt erforderlich ist. Ein Überschuß ist Kraftvergeudung und schädigt die Einrichtung.

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

<sup>1)</sup> In leichteren Fällen hilft oft ein kurzer Schlag auf den Gasschlauch!

**Gebrauch des Lötrohres.** Die Verwendung des früher allgemein benutzten Lötrohres ist heute in vielen Laboratorien zu Unrecht in den Hintergrund getreten; in Hüttenlaboratorien usw. wird es auch jetzt noch mit bestem Erfolge vielfach benutzt. Das Lötrohr dient dazu, eine kräftige Stichflamme horizontal zu treiben, damit Stoffe, die auf einer die Wärme schlecht leitenden Unterlage, gewöhnlich einem Stücke Holzkohle, liegen, hoch erhitzt werden können. Durch Regelung der Luftzufuhr gelingt es dem Geübten leicht, in der Flamme einen Überschuß an unverbranntem Gase oder an sauerstoffhaltiger Luft vorherrschen zu lassen; man unterscheidet demnach die „Reduktionsflamme“ und die „Oxydationsflamme“. Die beiden Flammen sicher und rein zu erzeugen, ist nicht leicht und erfordert viel Übung. Ebenso ist es nicht ganz einfach, längere Zeit ununterbrochen zu blasen. Man muß dabei durch die Nase atmen, ohne daß der mit dem Munde erzeugte Luftstrom unterbrochen wird. Das Atmen erfolgt dabei ganz normal, die Brust darf nicht aufgeblasen sein. Die Hauptsache ist, mit dem Gaumensegel den Mundraum abzuschließen und nur mit dem Druck der Backenmuskeln und keinesfalls mit der Lunge zu blasen. Von Zeit zu Zeit werden die Backen neu aufgeblasen. Am besten erlernt man dies von einem Geübten.

Als Flamme benutzt man am besten eine Öllampe mit flachem Dochte; für viele Zwecke genügt die leuchtende Flamme des Bunsenbrenners<sup>1)</sup>. Um eine Oxydationsflamme 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 Flammenspitzchen seitlich herausgeblasen wird; in ihm erkennt man deutlich einen kurzen, inneren Kegel und den ihn zum Teile umhüllenden, zum Teile fortsetzenden Flammenmantel, den eigentlichen Oxydationsraum. 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.

### 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

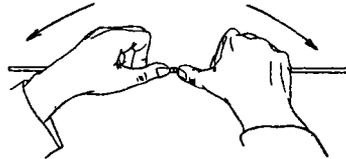
---

<sup>1)</sup> Leuchtgas ist aber meist nicht ganz frei von Schwefelverbindungen!

aneignet. Im folgenden seien einige Fingerzeige über die aller-einfachsten 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 mit einem Einschnitte versehen. Dann faßt man das Rohr gemäß Fig. 4 voll mit beiden Händen und bricht es unter schwachem Ziehen auseinander. Bricht das Rohr nicht bei leisem Drucke, so muß man die Einschnittstelle vertiefen.

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 eine Ende des Ritzes mit der auf Rotglut erhitzten Spitze eines dünnen Glasstabes.



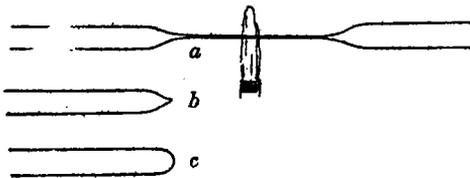
Figur 4. Glasrohr brechen.

Die durch den Strich zwischen den Daumen angedeutete Ritzstelle befindet sich auf der vom Beschauer abgewendeten Seite des Glasrohres

**Enden abrunden.** Bei jedem Glasrohre, 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.** 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. 5a), und zieht dann auseinander. Nun nimmt man die eine Hälfte, erweicht unter beständigem Drehen die Verjüngungstelle und zieht den Glasfaden ab, so daß das etwa 6 cm lange Röhrchen jetzt vollkommen geschlossen ist (Fig. 5b). Um den zunächst zugespitzten und ungleichmäßigen Verschluß abzurunden, erhitzt man das Ende nochmals unter beständigem

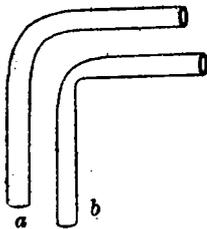


Figur 5. Herstellung einseitig geschlossener Glasröhrchen

Drehen und bläst nach dem Herausnehmen aus der Flamme mit dem Munde vorsichtig auf; dies wird, wenn nötig, wiederholt, bis das Glasröhrchen durch eine Rundung von gleichmäßiger Wandstärke geschlossen ist (Fig. 5c).

Bleibt an einer Stelle eine Verdickung, so springt das Glas beim Erhitzen leicht. In gleicher Weise können Probiergläser, 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 Glasröhrchen unter Benutzung der Gebläseflamme



Figur 6. Glasrohr biegen

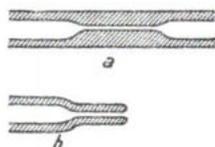
vorzunehmen, da man so auch weitere Röhrchen verarbeiten kann. Ein richtig gebogenes Rohr soll überall gleichen Durchmesser und annähernd gleiche Wandstärke besitzen (Fig. 6a), nicht einen Knick, wie in Fig. 6b. Das Schwierigste beim Biegen ist das gleichmäßige Erhitzen des Glasrohres auf eine genügende 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. 7a). Dabei faßt die linke Hand von oben (Fig. 8); sie trägt das Rohr und bestimmt die Geschwindigkeit des Drehens. Die Rechte, die das Rohr von unten hält, sorgt dafür, daß sich die rechte Seite des Rohres mit der gleichen Geschwindigkeit dreht wie die linke. Dieses Drehen einer weichgewordenen Glasmasse ist nicht ganz einfach; da es aber das A und O aller Glasarbeiten ist, muß man es unbedingt beherrschen.

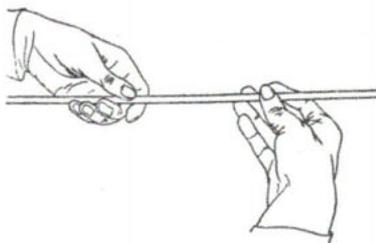
Sobald der in Fig. 7a dargestellte Zustand erreicht ist, nimmt man das Rohr aus der Flamme, stellt es senkrecht und biegt es unter gleichzeitigem Ziehen. Dabei nimmt der Durchmesser an der Biegungsstelle etwas ab. Durch vorsichtiges Aufblasen wird dieses ausgeglichen. Zu diesem Zwecke darf das Rohr nur an einer Seite offen sein, an der anderen ist es vorher (etwa durch einen Korkstopfen) zu verschließen.

Nach dieser Vorschrift stellt man sich ein rechtwinkelig gebogenes Glasrohr her, von dem der eine Schenkel etwa 4 cm, der andere etwa 12 cm lang ist; dies Rohr wird zum Einleiten von Gasen in Flüssigkeiten benutzt.

**Spitze ausziehen.** Um eine Spitze, etwa für eine Spritzflasche, zu machen, darf man nicht so verfahren, wie es bei der Herstellung der einseitig geschlossenen Röhren beschrieben wurde, weil der zugespitzte Teil des Rohres dabei zu dünnwandig wird. Man muß vielmehr in diesem Falle ganz ähnlich vorgehen, wie es soeben für das Biegen von Glasröhren beschrieben ist. Nachdem man den in Fig. 7a dargestellten Zustand hergestellt hat, nimmt man das Glasrohr aus der Flamme und zieht langsam aus, bis die gewünschte Verjüngung erreicht ist. Nach dem Erkalten schneidet man an geeigneter Stelle ab und schmilzt die Ränder rund (vgl. Fig. 7b).



Figur 7. Spitze ausziehen



Figur 8. Glasrohr drehen

## Kork bohren

Um in einen Kork ein Loch zu bohren, wählt man einen Korkbohrer, der eine Kleinigkeit enger ist, als es das gewünschte Loch sein soll, wärmt seine Schneide in der Flamme eines Bunsenbrenners etwas an (auf keinen Fall bis zum Glühen!) und setzt ihn auf die zu bohrende Stelle auf. Dabei hält man den Korkbohrer in der vollen rechten Hand, ihn gegen die Handfläche stemmend, und den Kork mit der linken Hand so, wie es die Fig. 9 zeigt. Nun wird gebohrt, indem der Korkbohrer stets nach derselben Richtung gedreht und dabei leicht gegen den Kork gedrückt wird. Macht