

Da aber nicht alle Elemente für die praktische Chemie von gleicher Wichtigkeit sind, indem nur eine gewisse Anzahl derselben in der Natur verbreiteter vorkommt und in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft Bedeutung hat, während die anderen fast nur Bestandtheile selten vorkommender Mineralien sind, so werden in dem vorliegenden Werke, um Anfängern das Studium und praktischen Chemikern die Arbeit zu erleichtern, nur jene Elemente sammt ihren wichtigeren Verbindungen ausführlich, diese dagegen kürzer und in einer Weise behandelt, dass man das Studium derselben von dem jener ohne Schwierigkeit trennen kann.

Das Studium der qualitativen Analyse beruht nun hauptsächlich auf vier Punkten, nämlich erstens auf der Bekanntschaft mit den Operationen, zweitens auf dem Kennen der Reagentien und ihrer Anwendung, drittens auf der Kenntniss des Verhaltens der Körper zu den Reagentien, und viertens auf dem Verstehen des bei jeder Untersuchung einzuschlagenden systematischen Ganges.

Da sich hieraus ergibt, dass die chemische Analyse nicht nur ein Wissen, sondern auch ein Können erfordert, so liegt der Schluss nahe, dass weder eine bloss geistige Beschäftigung damit, noch ein rein empirisches Betreiben derselben zum Ziele führen kann, und dass dahin nur die vereinten Wege der Theorie und der Praxis gelangen lassen.

Erster Abschnitt.

Die Operationen.

§. 1.

Die Verrichtungen, wodurch man chemische Processe herbeiführt und die dadurch gewonnenen Educte oder Producte isolirt, werden mit dem Namen „chemische Operationen“ bezeichnet. Diese Verrichtungen sind in der synthetischen wie in der analytischen Chemie die nämlichen; sie erleiden nur, in Folge des abweichenden Zweckes und der geringen Quantitäten, mit denen man bei Analysen zu thun hat, gewisse Modificationen.

Die hauptsächlichsten bei qualitativen Untersuchungen in Anwendung kommenden Operationen sind folgende.

§. 2.

1. Die Auflösung.

Nimmt man das Wort Auflösung in seiner allgemeinsten Bedeutung, so versteht man darunter die Vereinigung irgend eines Körpers mit einer

Flüssigkeit zu einem homogenen Liquidum. Ist dieser Körper gasförmig, so wird die Auflösung Absorption, ist er flüssig, öfters Mischung genannt, ist er aber fest, so hat man eine Auflösung im engeren oder im gewöhnlichen Sinne.

Eine Auflösung wird um so mehr erleichtert, je feiner zertheilt der aufzulösende Körper ist. Die Flüssigkeit, wodurch die Lösung bewirkt wird, heisst das Auflösungsmittel. Geht dieses mit dem gelösten Körper eine chemische Verbindung ein, so ist die Auflösung eine chemische, geht es hingegen keine bestimmte Verbindung mit demselben ein, so hat man eine einfache Lösung. In einer solchen ist der gelöste Körper unverbunden, mit allen seinen ursprünglichen Eigenschaften, insofern dieselben nicht von seiner Form abhängig sind, enthalten; er scheidet sich unverändert ab, wenn das Lösungsmittel entfernt wird. Lässt man z. B. Kochsalz in Wasser zergehen, so hat man eine einfache Lösung. Der Geschmack derselben ist wie der des Salzes. Man erhält dieses in ursprünglicher Gestalt wieder, wenn man das Wasser verdunsten lässt. — Eine einfache Lösung heisst gesättigt, wenn das Lösungsmittel so viel von dem aufzulösenden Körper aufgenommen hat, als es vermag. Flüssigkeiten lösen aber im Durchschnitt um so grössere Mengen eines Körpers auf, je höher ihre Temperatur ist. Es kann sich also der Ausdruck — gesättigt — immer nur auf eine bestimmte Temperatur beziehen und es muss als Regel betrachtet werden, dass Erwärmung einfache Lösungen erleichtert und beschleunigt.

Eine chemische Lösung enthält den aufgelösten Körper nicht in dem Zustande und mit den Eigenschaften, die er zuvor besass; er ist nicht frei darin enthalten, sondern mit dem Lösungsmittel, welches seine Eigenschaften ebenfalls eingebüsst hat, zu einem neuen Körper innig verbunden, daher die Lösung jetzt die Eigenschaften dieses neu entstandenen Körpers zeigt. Eine chemische Lösung kann zwar durch Temperaturerhöhung ebenfalls beschleunigt werden, und sie wird es auch in der Regel, indem ja Erwärmung die Einwirkung der Körper auf einander überhaupt begünstigt; die Quantität des gelösten Körpers aber bleibt bei einer gegebenen Menge des Lösungsmittels auch bei verschiedenen Wärmegraden immer dieselbe, sie ist eine unabänderliche, eine von der Temperatur unabhängige.

Bei der chemischen Lösung nämlich haben das Lösungsmittel und der Körper, auf welchen es einwirkt, stets entgegengesetzte Eigenschaften; ihr Bestreben ist Ausgleich dieses Gegensatzes. Ist dieses Bestreben befriedigt, so fehlt der Grund zur weiteren Auflösung; es bleiben also weitere Quantitäten des festen Körpers unverändert. Die Lösung heisst alsdann ebenfalls gesättigt oder besser neutralisirt; der Punkt aber, welcher die beendigte Ausgleichung bezeichnet, heisst der Sättigungs- oder Neutralitätspunkt.

Die Stoffe, welche chemische Lösungen bewirken, sind in den meisten Fällen entweder Säuren oder Alkalien. Sie bedürfen mit wenigen

Ausnahmen zuvor eines einfachen Lösungsmittels, um als Flüssigkeiten zu erscheinen. Hat sich der Gegensatz zwischen Säure und Base ausgeglichen, und ist die neue Verbindung entstanden, so erfolgt der wirkliche Uebergang in flüssige Form nur dann, wenn der neue Körper die Eigenschaft hat, von der vorhandenen Flüssigkeit zu einer einfachen Lösung aufgenommen zu werden. Bringt man z. B. eine Auflösung von Essigsäure in Wasser mit Bleioxyd zusammen, so erfolgt zuerst eine chemische Verbindung der Säure mit dem Oxyd, sodann eine einfache Lösung des entstandenen essigsauren Bleioxyds in dem vorhandenen Wasser.

Auflösungen werden in chemischen Laboratorien nur selten so bewerkstelligt, dass man den zu lösenden Körper in einem mit Ausguss versehenen Mörser mit dem allmählich zuzusetzenden Lösungsmittel abreibt (wie dies in Apotheken häufig geschieht); man digerirt oder erhitzt vielmehr gewöhnlich die Substanzen mit der Flüssigkeit in Bechergläsern, Kochflaschen, Proberöhren oder Schalen. — Bei chemischen Lösungen ist es in der Regel am besten, den zu lösenden Körper zuerst mit Wasser (oder der überhaupt in Anwendung kommenden indifferenten Flüssigkeit) zusammenzubringen und dann allmählich die chemisch einwirkende Substanz zuzufügen. Man vermeidet so einen grossen Ueberschuss der letzteren, verhütet eine zu heftige Einwirkung und bewirkt, dass die Auflösung leicht und vollständig erfolgt. Nicht selten trifft es sich nämlich, dass das bei der chemischen Vereinigung entstehende Product sich nicht löst, wenn ein Ueberschuss des chemisch einwirkenden Lösungsmittels vorhanden ist. In dem Falle umhüllen die erst entstehenden, in der vorhandenen Flüssigkeit unlöslichen Theile des Salzes die noch ungelösten Partien und schwächen oder verhindern die weitere Einwirkung; so löst sich Witherit (kohlenaurer Baryt) leicht, wenn man ihn, gepulvert, mit Wasser übergiesst und allmählich Chlorwasserstoffsäure zufügt, schwer und unvollkommen dagegen, wenn man ihn in eine irgend concentrirte Lösung von Chlorwasserstoffsäure in Wasser einträgt; denn Chlorbaryum löst sich zwar in Wasser, nicht aber in wässriger Salzsäure.

Den Gegensatz zur Auflösung machen die zwei folgenden Operationen, die Krystallisation und die Präcipitation, in der Art, wie sie am häufigsten vorgenommen werden, indem sie in der Regel das Ueberführen eines flüssigen oder gelösten Körpers in feste Form zum Zwecke haben. Da beide im Durchschnitt auf derselben Ursache, nämlich auf dem Mangel an Lösungsmitteln beruhen, so ist ihre scharfe Begrenzung unmöglich, sie gehen in vielen Fällen in einander über. Wir betrachten jedoch beide gesondert, da sie sich in ihren extremen Formen wesentlich unterscheiden, und da die speciellen Zwecke, welche wir durch dieselben zu erreichen suchen, meist sehr verschieden sind.

§. 3.

2. Die Krystallisation.

Man versteht darunter im weiteren Sinne jede Operation, jeden Vorgang, wodurch ein Körper in eine feste, mathematisch bestimmbare, regelmässige Form übergeführt wird. Da jedoch solche Formen, welche wir Krystalle nennen, um so regelmässiger, also vollkommener, werden, je langsamer die Operation eingeleitet wird, so verbindet man mit Krystallisation stets den Nebenbegriff der langsamen Ausscheidung, des allmählichen Ueberganges in feste Form. Die Bildung der Krystalle hängt von der gesetzmässigen Anordnung der kleinsten Körpertheilchen (der Atome) ab; sie kann bloss stattfinden, wenn diesen freie Bewegung möglich ist, also in der Regel nur, wenn ein Körper aus flüssigem oder gasförmigem Zustande in den festen übergeht. Die Fälle, in denen ein blosses Glühen oder Erweichen eines starren Körpers schon hinreicht, dem Streben der Atome nach gesetzmässiger Anordnung (nach Krystallbildung) Folge zu geben, sind als Ausnahmen zu betrachten, z. B. das Trübwerden (die Krystallisation) des Gerstenzuckers, wenn er feucht wird.

Um eine Krystallisation einzuleiten, müssen in der Regel die Ursachen der flüssigen oder Gasform eines Körpers aufgehoben werden. Diese Ursachen sind entweder nur Wärme, z. B. bei geschmolzenen Metallen, oder nur Lösungsmittel, wie bei einer wässrigen Kochsalzsolution, oder beide vereinigt, wie bei einer heiss gesättigten Lösung des Salpeters in Wasser. Im ersten Falle erhält man also Krystalle durch Abkühlung, im zweiten durch Verdunstung und im dritten durch jedes der beiden Mittel. Der am häufigsten vorkommende Fall ist die Krystallisation durch Abkühlung heiss gesättigter Lösungen. — Flüssigkeiten, welche nach der Ausscheidung der Krystalle zurückbleiben, nennt man Mutterlaugen. — Starre Körper, welche weder Krystallform noch überhaupt krystallinisches Gefüge haben, heissen amorphe Körper.

Die Absicht bei der Krystallisation ist meistens entweder die Gewinnung des krystallisirten Körpers in fester Form, oder die Trennung desselben von anderen neben ihm in derselben Flüssigkeit aufgelösten Substanzen. Häufig bietet auch die Krystallgestalt und das Verhalten der Krystalle beim Stehen an der Luft, ihre Unveränderlichkeit, Verwitterbarkeit oder Zerflüsslichkeit, ein treffliches Mittel zur Unterscheidung von im Uebrigen ähnlichen Körpern, z. B. des schwefelsauren Natrons von schwefelsaurem Kali. — Krystallisationen nimmt man in der Regel in Schalen oder — bei ganz kleinen Mengen — in Uhrgläsern vor.

Wünscht man aus kleinen Flüssigkeitsmengen gut ausgebildete Krystalle, so lässt man jene an der Luft, besser noch unter einer Glasglocke, unter der sich auch ein offenes, halb mit concentrirter Schwefelsäure gefülltes Gefäss befindet, verdunsten. — Zur genaueren Beobachtung sehr kleiner Krystalle bedient man sich der Lupe oder des Mikroskops.

§. 4.

3. Die Fällung oder Präcipitation.

Sie unterscheidet sich von der Krystallisation dadurch, dass bei einer Fällung der Uebergang des gelösten Körpers in feste Form nicht wie bei jener allmählich, sondern plötzlich, oder wenigstens mehr oder minder rasch, erfolgt, gleichgültig, ob der sich abscheidende Körper krystallinisch oder amorph ist, ob er in der Flüssigkeit untersinkt, schwebt oder aufsteigt. Eine Fällung wird entweder veranlasst durch die Veränderung des Lösungsmittels, — so scheidet sich Gyps aus seiner Auflösung in Wasser augenblicklich ab, wenn man dieses durch Zusatz von Alkohol in verdünnten Weingeist verwandelt; — oder sie ist Folge der Ausscheidung eines in der vorhandenen Flüssigkeit unlöslichen Eductes, — so wird metallisches Kupfer gefällt, wenn man die Lösung des Chlorkupfers mit Zink in Berührung bringt, denn es wird dadurch abgeschieden und ist in dem vorhandenen Wasser nicht auflöslich; — oder die Ursache einer Fällung ist endlich das Entstehen neuer in der vorhandenen Flüssigkeit unlöslicher Verbindungen durch einfache oder doppelte Affinität (Wahlverwandtschaft), — so entsteht eine Fällung von oxalsaurem Kalk, wenn man essigsaurer Kalklösung Oxalsäure zusetzt, — von chromsaurem Bleioxyd, wenn gelöstes chromsaures Kali mit gelöstem salpetersaurem Bleioxyd vermischt wird. Bei solchen Zersetzungen durch einfache oder doppelte Affinität bleibt meistens eine der entstehenden Verbindungen, oder auch der educirte Körper, aufgelöst, wie in den angeführten Beispielen das Chlorzink, die Essigsäure und das salpetersaure Kali. Es können jedoch auch Fälle eintreten, in welchen sich Educt und Product oder zwei Producte niederschlagen und in der Flüssigkeit Nichts gelöst bleibt, z. B. beim Vermischen von schwefelsaurer Magnesialösung mit Barytwasser, oder beim Fällen einer Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd mit Chlorbaryum.

Der Zweck einer Fällung ist entweder, wie bei der Krystallisation, Gewinnung einer Substanz in fester Form, oder Trennung eines Körpers von anderen in derselben Lösung enthaltenen Stoffen. In der qualitativen Analyse dient diese Operation auch besonders häufig zur Erkennung von Körpern an der Farbe, überhaupt den Eigenschaften und dem Verhalten derselben, wenn sie isolirt oder in einer Verbindung niedergeschlagen werden. — Der feste Körper, welcher sich bei einer Fällung abscheidet, heisst Präcipitat oder Niederschlag, die Substanz, welche die Abscheidung unmittelbar veranlasst, das Fällungsmittel. Die Niederschläge werden je nach ihrer Beschaffenheit zu näherer Bezeichnung verschieden benannt; so unterscheidet man krystallinische, pulverige, flockige, käsige, gelatinöse Niederschläge u. s. w. Niederschläge, welche dem unbewaffneten Auge nur pulverig erscheinen, geben sich — unter dem Mikroskope betrachtet — nicht selten als aus lauter kleinen, oft sehr regelmässigen Kryställchen bestehend zu erkennen, und häufig lassen sich auf diese Weise scheinbar gleich

aussehende Niederschläge leicht und sicher unterscheiden. — Sind Niederschläge so fein zertheilt und so gering, dass ihre Theilchen nicht deutlich unterschieden werden können, und die Flüssigkeiten, in welchen sie suspendirt sind, nur unklar erscheinen, so bedient man sich der Ausdrücke Trübung, getrübt. — Die Abscheidung flockiger Niederschläge wird in der Regel durch starkes Schütteln, die Ausscheidung krystallinischer durch Umrühren und Reiben der von der Flüssigkeit benetzten Gefässwände mit einem Glasstabe, die Abscheidung der meisten Niederschläge endlich durch Erwärmen begünstigt. Je nach Umständen nimmt man daher Fällungen bald in Proberöhrchen, bald in Kolben, bald in Bechergläsern oder Schalen vor.

Zur mechanischen Trennung einer Flüssigkeit von einem darin suspendirten Körper wendet man bei der Analyse je nach den Umständen zwei verschiedene Operationen an, die Filtration und die Decantation.

§. 5.

4. Die Filtration.

Man erreicht durch diese Operation den eben angeführten Zweck, indem man die Flüssigkeit, welche von den darin befindlichen festen Körpertheilchen getrennt werden soll, sammt diesen auf einen Seihapparat giesst, und zwar in der Regel auf ein in einen Trichter zweckmässig gelegtes ungeleimtes Papier (Filter), da ein solches die Flüssigkeit leicht durchsickern lässt, die festen Theilchen aber vollständig zurückhält. Man wendet glatte und faltige Filter an, erstere, wenn der abzufiltrirende feste Körper benutzt werden soll, letztere, wenn es nur darauf ankommt, die durchlaufende Flüssigkeit (das Filtrat) klar zu erhalten. Die glatten Filter, welche so in den Trichter eingesetzt werden, dass sie überall fest anliegen, erhält man durch doppeltes Zusammenfallen eines kreisrunden Papiers, so dass die Falten rechte Winkel bilden. Die Anfertigung der faltigen Filter lässt sich besser zeigen als beschreiben. Wenn der Inhalt des Filters ausgewaschen werden soll, dürfen die Filter nicht über den Rand des Trichters hervorragen. — In den meisten Fällen ist es vortheilhaft, das Filter vor dem Aufgiessen anzufeuchten, weil das Filtriren alsdann nicht nur schneller von Statten geht, sondern auch von dem abzufiltrirenden Körper weniger leicht etwas durch die Poren gerissen wird. Das Papier, welches man zum Filtriren wählt, muss möglichst frei sein von unorganischen Substanzen, namentlich solchen, welche von Säuren gelöst werden (Eisenoxyd, Kalk). Nur selten entsprechen die käuflichen Filtrirpapiere in dieser Beziehung strengeren Anforderungen, und für feine Analysen empfehle ich daher unbedingt ein Aus-

waschen des anzuwendenden Papiers mit Säure und Wasser. — Man bedient sich hierzu zweckmässig des in Fig. 1 dargestellten Apparates. *A* ist eine Flasche mit abgesprengtem Boden, bei *a* und *b* liegen Glas-

Fig. 1.



platten, zwischen diesen die fertig geschnittenen und gefalteten Filter. In den Stopfen *c* ist eine kurze Glasröhre *d* eingepasst, und an diese der kleine Kautschuk-schlauch *e* befestigt, welchen man unten durch ein eingeschobenes Glasstäbchen oder einen Quetschhahn verschliesst. Die Flasche wird mit einer Mischung von 1 Theil Salzsäure von 1,12 specif. Gewicht und 2 Theilen Wasser bis über *a* gefüllt und bleibt 12 Stunden stehen, dann öffnet man den Verschluss an *e* und lässt die Säure vollständig abfliessen. Nach wiederhergestelltem Verschlusse füllt man die Flasche mit klarem Brunnen- oder Regenwasser, lässt eine Stunde stehen, dann abfliessen, und wiederholt dies Auswaschen mit Brunnen- oder Regenwasser, bis das zuletzt ab-

laufende nicht mehr stark sauer reagirt; von jetzt an setzt man das Auswaschen mit destillirtem Wasser fort, bis eine ablaufende Probe des Waschwassers mit einigen Tropfen einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd vermischt, sich nicht mehr trübt. Die so ausgewaschenen Filter werden schliesslich, auf Fliesspapierunterlage und mit Fliesspapier bedeckt,

Fig. 2.



auf einem Siebe im Trockenschranke getrocknet. — Handelt es sich nur um das Auswaschen weniger Filter, so legt man diese in einander gefaltet wie beim Filtriren in einen Trichter, betröpfelt sie mit mässig verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure und wäscht sie nach einiger Zeit mit Wasser, zuletzt mit destillirtem, vollständig aus. — Ausser von seiner Reinheit hängt die Güte des Filtrirpapiers davon ab, dass es Flüssigkeiten rasch durchlaufen lässt, darin suspendirte Niederschläge aber, und zwar auch die feinpulverigen (schwefelsauren Baryt, oxalsauren Kalk), vollständig zurückhält.

Vermag man kein Papier zu erhalten, welches in dieser Beziehung genügt, so ist es zweckmässig, zwei Sorten vorrätig zu halten, ein dichteres zum Abscheiden sehr feiner Niederschläge und ein poröseres zum schnellen Abfiltriren gröberer Theilchen.

Die Trichter müssen von Glas oder Porzellan sein (§. 18. 10.); sie werden am besten auf ein Filtrirgestell gesetzt, welches denselben eine feste Lage sichert. Für die kleineren Filtrationen, wie sie bei qualitativen Analysen vorzukommen pflegen, ist folgende Form und Einrichtung der Gestelle zu empfehlen (Fig. 2, a. vor. S.).

§. 6.

5. Die Decantation oder das Abgiessen.

Man bedient sich dieser Operation häufig statt des Filtrirens, wenn die abzuscheidenden festen Theilchen ein bedeutend grösseres specifisches Gewicht als die Flüssigkeit, von der sie zu trennen sind, haben. Sie sinken alsdann schnell unter und setzen sich auf dem Boden ab, so dass man die überstehende Flüssigkeit entweder durch Neigen des Gefässes abgiessen oder mittelst eines Hebers oder einer Pipette abnehmen kann. — In manchen Fällen muss man sich der Decantation statt des Filtrirens bedienen, um Niederschläge von Flüssigkeiten, in welchen sie sich befinden, vollständig zu befreien, nämlich dann, wenn ein Niederschlag so gelatinös oder schleimig ist, dass er, auf das Filter gebracht, die Poren desselben rasch verstopft; in dem Falle würde in der That ein vollständiges Auswaschen des Niederschlages auf dem Filter unmöglich sein. — Zuweilen verbindet man Decantation und Filtration in der Art, dass man zwar den Niederschlag möglichst in dem Gefässe lässt, in welchem er sich abgesetzt hat, die Flüssigkeit aber — um sie völlig klar zu erhalten — durch ein Filter abgiesst.

§. 7.

6. Das Auswaschen oder Aussüssen.

Ist bei dem Filtriren oder Decantiren das Gewinnen des festen Körpers Zweck, so muss derselbe durch wiederholtes Waschen von der ihm noch anhängenden Flüssigkeit befreit werden. Diese Operation heisst Auswaschen oder Aussüssen. — Zum Auswaschen eines auf einem Filter gesammelten Niederschlages bedient man sich meistens der Spritzflasche (Fig. 3).

Die Zeichnung bedarf keiner weiteren Erklärung. Die Röhre *a* ist vorn in eine mässig feine offene Spitze ausgezogen. Bläst man in die stumpfwinklige Röhre, so wird aus *a* ein Wasserstrahl mit einer gewissen Heftigkeit herausgetrieben. Ein solcher ist alsdann zum Abspülen eines

Niederschlag besonders geeignet. Spritzflaschen von der angegebenen Einrichtung haben den Vortheil, dass sie auch gebraucht werden können,

Fig. 3.



wenn mit heissem Wasser ausgewaschen werden soll. Um die mit siedendem Wasser gefüllten besser halten zu können, versieht man sie entweder mit einer Handhabe oder man umgibt den Hals mit Kork und umbindet ihn dann mit Schnur. — Das Auswaschen beim Decantiren vollführt man einfach, indem man nach dem Abgiessen der Flüssigkeit den Niederschlag mit Wasser oder der sonstigen zum Auswaschen bestimmten Flüssigkeit aufrührt, ihn wieder absitzen lässt, neuerdings abgiesst etc.

Da von dem richtigen Auswaschen eines Niederschlages oft das Gelingen einer analytischen Operation geradezu abhängt, so sei gleich hier bemerkt, dass man sich daran gewöhnen muss,

die Operation erst dann zu beendigen, wenn man den Zweck derselben auch wirklich erreicht hat. Dies ist aber in der Regel erst dann der Fall, wenn der Niederschlag von der anhängenden Flüssigkeit vollständig befreit ist. Man verlasse sich dabei nicht auf Schätzen und Meinen, sondern verschaffe sich Gewissheit durch geeignete Prüfung des zuletzt ablaufenden Waschwassers. Ist der auszuwaschende Körper ein fixer, so genügt es meistens, einen Tropfen des Waschwassers langsam auf Platinblech zu verdampfen; vollständige Verflüchtigung lässt erkennen, dass man das Ziel erreicht hat.

§. 8.

7. Die Dialyse.

Zur Trennung gewisser gelöster Körper von anderen in derselben Lösung befindlichen wendet man zuweilen eine Operation an, welche — oberflächlich betrachtet — mit der Filtration eine gewisse Aehnlichkeit zu haben scheint, aber in Wirklichkeit von ihr aufs Wesentlichste verschieden ist, nämlich die Dialyse. Sie ist erst in neuester Zeit von Graham in die Wissenschaft eingeführt worden (Annal. der Chem. und Pharm. 121. 63.) und beruht auf dem ungleichen Verhalten in Wasser gelöster Körper zu feuchten Membranen. Eine Classe von Körpern, die Krystalloide, haben die Fähigkeit, geeignete Membranen, mit denen ihre Lösung in Berührung ist, zu durchdringen, — der zweiten Classe, den Colloiden, geht diese Eigenschaft ab, und man kann daher jene von diesen mit Hülfe der Membranwirkung trennen. Zu den Krystalloiden gehören alle krystallisirbaren Körper; zu den Colloiden die der Krystallisation nicht fähigen, wie Leim, Gummi, Dextrin, Caramel, Gerbsäure, Eiweiss, Extractiv-

stoffe, Kieselsäurehydrat etc. — Die Membran muss aus einer colloidalen Materie bestehen, z. B. aus thierischer Haut oder, und zwar am besten, aus Pergamentpapier, und auf der anderen Seite mit Wasser in Berührung sein. Die Wirkung erklärt Graham daraus, dass die Krystalloide sich das Wasser, welches die colloidale Zwischenwand aufgenommen hat, aneignen und so ein Medium für die Diffusion erhalten, während die gelösten Colloide das von der Membran aufgenommene Wasser nicht abzuschneiden und somit auch die Wandung nicht zu durchdringen vermögen. Als geeignete Apparate zu dialytischen Versuchen empfehlen sich die in Fig. 4 und 5 dargestellten. Bei Fig. 4 kommt die der Dialyse zu unterwerfende Flüssigkeit in das unten mit Pergamentpapier überbundene offene glockenförmige Glasgefäß, bei Fig. 5 in den unten mit Pergamentpapier über-

Fig. 4.

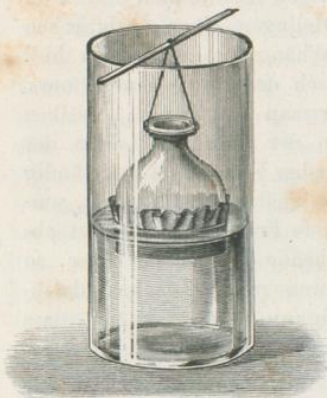
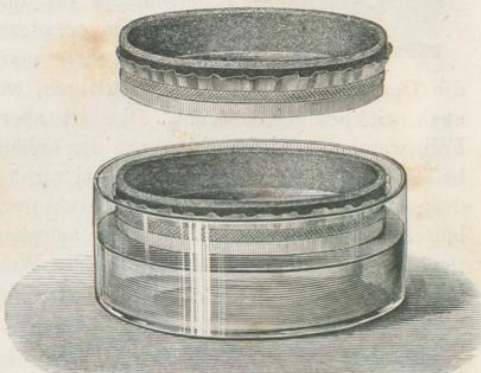


Fig. 5.



bundenen Reif. Der letztere besteht aus Holz oder besser aus Guttapercha. Die Pergamentpapierscheiben, mit welchen Glocke oder Reif überspannt werden sollen, müssen 3 oder 4 Zoll grösser sein als deren Grundfläche; sie werden befeuchtet übergespannt und mittelst Schnur oder elastischer Bänder befestigt, sollen aber nicht ganz fest angezogen sein. Das Pergamentpapier darf nicht porös sein; man prüft es, indem man es auf der oberen Seite mit reinem Wasser befeuchtet und beobachtet, ob sich nicht auf der unteren feuchte Stellen zeigen. Finden sich Fehlstellen, so müssen sie durch Auftragen von flüssigem Eiweiss und nachheriges Coaguliren desselben durch Erwärmen verbessert werden. Wenn der Dialysator fehlerfrei hergestellt ist, giesst man die zu untersuchende Masse in denselben. Ist dieselbe ganz flüssig, so kann man die Glocke wählen, enthält sie aber auch ungelöste feste Substanzen, so zieht man den Reif vor. Man sorgt dabei, dass die Flüssigkeit im Dialysator höchstens eine $\frac{1}{2}$ Zoll hohe Schicht bildet und veranlasst dann, dass die Membran in das Wasser im äusseren Gefässe, dessen Menge mindestens viermal so gross als die der zu dialysirenden Flüssigkeit sein soll, etwas eintaucht. Zu dem Ende

hängt man die Glocke zweckmässig in der in der Figur angedeuteten Weise auf, — den Reif aber lässt man einfach auf dem Wasser schwimmen. Nach 24 Stunden findet man die Hälfte bis drei Viertel der Krystalloidsubstanzen in dem äusseren Wasser, während die Colloidsubstanzen im Dialysator bleiben; höchstens gehen Spuren derselben mit in die äussere Flüssigkeit über. Bringt man den Dialysator wiederholt mit neuen Wassermengen in Berührung, so gelingt es den Colloidsubstanzen schliesslich alle Krystalloidsubstanzen zu entziehen. Die Dialyse kann namentlich bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen oft gute Dienste thun, um giftige Krystalloide aus colloidalen Leichentheilen etc. auszuziehen.

Der Operationen, durch welche man flüchtige Substanzen von minder oder nicht flüchtigen trennt, hat man vier, das Abdampfen, die Destillation, das Glühen und die Sublimation. Von diesen beziehen sich die ersten beiden stets auf Flüssigkeiten, die zwei anderen auf feste Körper.

§. 9.

8. Das Abdampfen.

Es ist eine der am häufigsten in Anwendung kommenden Operationen. Man stellt sie immer an, wenn man eine flüchtige Flüssigkeit von einem anderen minder oder nicht flüchtigen Körper, gleichgültig ob dieser flüssig oder fest ist, trennen will, im Falle bei dieser Trennung nur dieser zurückbleibende Körper gewonnen werden, der sich verflüchtigende aber unberücksichtigt bleiben soll; — also zum Beispiel, um der Lösung eines Salzes einen Theil des Wassers zu entziehen, damit das Salz krystallisire, — oder wenn man aus der Lösung eines nicht krystallisirbaren Körpers alles Wasser entfernen will, um denselben in trockner Form zu haben u. s. w. In beiden Fällen gibt man das sich verflüchtigende Wasser verloren und will nur im ersten Falle eine concentrirtere Flüssigkeit, im letzteren einen trocknen Körper gewinnen. Man erreicht diese Zwecke stets dadurch, dass man die zu entfernende Flüssigkeit in Gasform bringt, also in den gewöhnlichen Fällen durch Erhitzen derselben; zuweilen auch, indem man die Flüssigkeit längere Zeit mit der Atmosphäre, oder mit einer durch hygroskopische Substanzen (Schwefelsäurehydrat, Chlorcalcium etc.) stets trocken erhaltenen, abgeschlossenen Luftmenge in Berührung lässt; oder endlich in manchen Fällen, indem man die Flüssigkeit bei gleichzeitiger Anwendung hygroskopischer Substanzen in einen luftverdünnten Raum bringt. — Da bei qualitativen Analysen vor Allem jede Verunreinigung zu vermeiden ist, und eine solche um so eher stattfindet, je länger sich die Operation hinzieht, so dampft man in der Regel am besten ziemlich rasch, direct über der Weingeist- oder Gas-

flamme in Porzellan- oder Platinschalen, an einem abgeschlossenen, staubfreien Orte ab. Steht ein solcher nicht zu Gebot, so muss man zu dem ungleich misslicheren Mittel, die Schale zu bedecken, seine Zuflucht nehmen. Es kann dies zweckmässig mittelst eines grossen Glastrichters geschehen, den man in einen Retortenhalter so einklemmt, dass zwischen seinen Rändern und denen der Schale genügender Platz bleibt. Man gibt dem Trichter eine etwas schräge Lage, damit die herabfliessenden Tropfen in einem Glase aufgefangen werden können. Will man die Schale mit Papier bedecken, so muss dasselbe eben so rein sein, wie zum Filtriren, indem sonst durch die Dämpfe (namentlich wenn sie sauer sind) Eisenoxyd, Kalk etc. aufgelöst und durch die herabfallenden Tropfen in die Flüssigkeit übergeführt werden. — Dass diese Vorsichtsmaassregeln nur bei feineren Untersuchungen erforderlich sind, liegt auf der Hand.

Fig. 6.



Grössere Quantitäten von Flüssigkeiten werden zuweilen zweckmässig in schiefstehenden, mit einer Kappe von reinem Filtrirpapier bedeckten Glaskolben oder auch in tubulirten Retorten mit schräg aufwärts gerichtetem Halse und offenem Tubulus über der Gasflamme oder über Kohlenfeuer abgedampft. — Muss das Abdampfen bei 100° C. vorgenommen werden, so bedient man sich, sofern kein geeigneter Dampfapparat zu Gebote steht, des in Fig. 6 abgebildeten Wasserbades. — Ein Abdampfen zur Trockne führt man nicht gern über freiem Feuer, sondern entweder im Wasserbade, im Sandbade oder auf einer erhitzten Eisenplatte aus. — Ein unangenehmer Umstand beim Abdampfen ist, dass Porzellanschalen und Glasgefässe, die man beim Verdampfen grösserer Flüssigkeitsmengen nicht wohl vermeiden kann, ein wenig angegriffen werden, so dass die abdampfende Flüssigkeit durch die Bestandtheile des Porzellans und Glases mehr oder weniger verunreinigt wird, was bei feineren Analysen oft sehr störend ist. Ich deute diesen Punkt, der bei der quantitativen Analyse ausführlicher zu erörtern ist, hier nur an und bemerke nur noch, dass man es namentlich vermeiden muss, alkalische Flüssigkeiten in Glasgefässen abzudampfen, denn jene greifen in Siedehitze das Glas schon sehr merklich an.

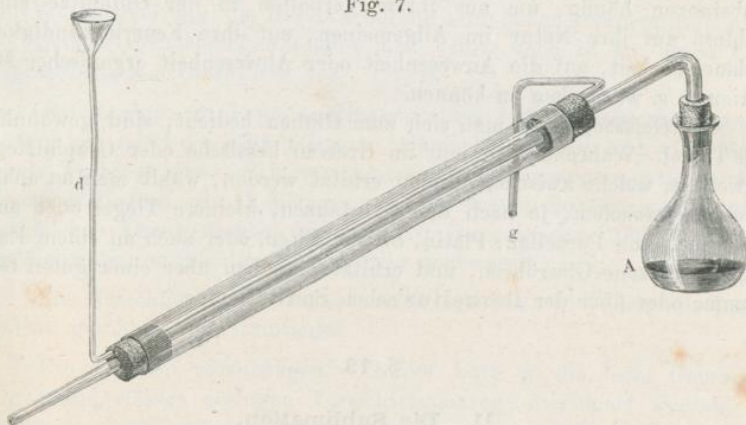
§. 10.

9. Die Destillation.

Sie hat die Trennung einer flüchtigen Flüssigkeit von einem weniger oder nicht flüchtigen festen oder flüssigen Körper zum Zweck, wenn dabei die sich verflüchtigende Flüssigkeit wieder gewonnen werden soll. Um diesen Zweck zu erreichen, muss man Sorge tragen, dass die Flüssigkeit aus der Dampfform, in welcher sie entfernt wurde, wieder in die tropfbar flüssige Form zurückgeführt werde. Bei einem Destillations-

apparate sind also jederzeit drei Theile zu unterscheiden, gleichgültig, ob dieselben getrennt werden können oder nicht; nämlich erstens ein Gefäss, in welchem die zu destillirende Flüssigkeit erhitzt, also in Dampfform übergeführt wird, — zweitens eine Vorrichtung, in der die Dämpfe abgekühlt, also wieder in die tropfbar-flüssige Form zurückgeführt werden, — und drittens eins, in welchem die durch Abkühlung der Dämpfe erhaltene Flüssigkeit (das Destillat) sich ansammelt. Im Grossen bedient man sich metallener Apparate (kupferner Destillirblasen mit Helm und Kühlröhren von Zinn) oder auch grosser Glasretorten; bei analytischen Arbeiten dagegen wendet man meist einen Apparat an, wie ihn die Fig. 7 zeigt.

Fig. 7.



In A wird die zu destillirende Flüssigkeit zum Sieden erhitzt, die Dämpfe entweichen durch die in dem Stopfen eingepasste Röhre. Wie man sieht, ist dieselbe von einem weiteren Glasrohre umgeben, welches mit kaltem Wasser angefüllt ist. In dem Maasse, in welchem dieses die innere Röhre abkühlt, erhitzt es sich, weshalb man das Wasser perpetuirlich oder von Zeit zu Zeit erneuern muss, indem man durch d kaltes Wasser einfließen lässt; das heisse Wasser fliesst alsdann aus g in ein untergesetztes Gefäss aus. Als Vorlage dient ein Kölbchen oder Kochfläschchen.

§. 11.

10. Das Glühen.

Was das Abdampfen für Flüssigkeiten ist, ist das Glühen gewissermaassen für feste Körper. Es hat nämlich ebenfalls, wenigstens im Durchschnitt, die Trennung eines flüchtigen Körpers von einem weniger flüchtigen oder feuerbeständigen zum Zweck, wenn dabei nur der zurückbleibende beachtet wird. Das Glühen setzt immer die Anwendung einer hohen Temperatur voraus, wodurch es sich vom Trocknen unterscheidet.

Fresenius, qualitative Analyse.

Der Zustand, welchen der verflüchtigte Körper beim Erkalten annimmt, ob er also gasförmig bleibt, wie wenn man kohlen sauren Kalk glüht, — ob er flüssig wird, wie wenn man Kalkhydrat erhitzt, — oder fest, wie beim Glühen einer Salmiak enthaltenden Mischung, ist für die Benennung der Operation gleichgültig.

Der bereits genannte Zweck des Glühens ist der gewöhnliche. Zuweilen glüht man jedoch auch Substanzen, nur um ihren Zustand zu verändern, ohne dass sich dabei etwas verflüchtigt, z. B. bei der Ueberführung des Chromoxyds in die sogenannte unlösliche Modification u. s. w. — Bei analytischen Arbeiten endlich glüht man zu untersuchende Substanzen häufig, um aus ihrem Verhalten in der Glühhitze einen Schluss auf ihre Natur im Allgemeinen, auf ihre Feuerbeständigkeit, Schmelzbarkeit, auf die Anwesenheit oder Abwesenheit organischer Materien u. s. w. machen zu können.

Die Gefässe, deren man sich zum Glühen bedient, sind gewöhnlich die Tiegel. Während man nun im Grossen hessische oder Graphittiegel anwendet, welche zwischen Kohlen erhitzt werden, wählt man zu analytischen Versuchen, je nach den Substanzen, kleinere Tiegel oder auch Schälchen von Porzellan, Platin, Silber, Eisen, oder auch an einem Ende zugeschmolzene Glasröhren, und erhitzt dieselben über einer guten Gasflamme oder über der Berzelius'schen Spirituslampe.

§. 12.

11. Die Sublimation.

Verwandelt man feste Körper durch Erhitzen in Dämpfe und verdichtet diese wieder durch Abkühlung, so heisst diese Operation Sublimation; der verflüchtigte, wieder verdichtete Körper aber ein Sublimat. Die Sublimation ist daher eine Destillation fester Körper. Man wendet dieselbe meist zur Trennung verschieden flüchtiger Substanzen an. In der Analyse ist sie zur Erkennung mehrerer Körper, z. B. des Arsens, von grösster Wichtigkeit. Die Sublimirgefässe sind, je nach der Flüchtigkeit der Substanz, von sehr mannigfacher Gestalt. Sublimationen behufs der Analyse nimmt man in der Regel nur in am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhren vor.

§. 13.

12. Das Schmelzen und Aufschliessen.

Man bezeichnet mit Schmelzen das Ueberführen eines festen Körpers in flüssige Form durch Hitze, und bezweckt mit dieser Operation im Durchschnitte die Vereinigung oder Zersetzung von Körpern. Verändert oder zersetzt man in Wasser und Säuren unlösliche oder schwerlösliche

Körper durch Zusammenschmelzen mit anderen in der Art, dass dieselben, oder vielmehr die neu entstandenen Verbindungen, nachher durch Wasser oder Säuren in Auflösung gebracht werden können, so heisst die Operation Aufschliessen. Das Schmelzen und Aufschliessen geschieht bei Analysen, je nach Umständen, in Porzellan-, Silber- oder Platintiegeln, welche in ein auf den Glühring der Gaslampe oder der Berzelius'schen Weingeistlampe ruhendes oder daran befestigtes Dreieck von mässig starkem Platindraht gesetzt werden. — Dreiecke aus dickem Eisendraht, namentlich wenn sie auch noch auf den dickeren messingenen oder eisenen Kochring der Lampe gelegt werden, gestatten, wegen der bedeutenden Wärmeableitung, die Hervorbringung sehr hoher Temperaturen nicht. — Kleinere Schmelzungen nimmt man häufig auch in am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhren vor.

Die Körper, zu deren Analyse man das Aufschliessen vorzugsweise nöthig hat, sind die schwefelsauren alkalischen Erden und viele kiesel-saure Verbindungen. Das gewöhnliche Aufschliessungsmittel ist koh-lensaures Natron oder kohlensaures Kali, besser ein Gemenge beider zu gleichen Atomgewichten (siehe unten). In gewissen Fällen wird statt der kohlensauren Alkalien Barythydrat angewandt.

Das Aufschliessen mit kohlensauren Alkalien, wie auch mit Baryt-hydrat, geschieht im Platintiegel.

Um Schaden vorzubeugen, soll hier kurz an die beim Gebrauche von Platingefässen nöthigen Vorsichtsmaassregeln erinnert werden. Es dürfen in Platingefässen keine Substanzen behandelt werden, welche Chlor entwickeln; salpetersaure Alkalien, Kali- und Natronhydrat, Cyan-alkalimetalle, Metalle und Schwefelmetalle dürfen nicht darin geschmol-zen, leicht desoxydirbare Metalloxyde, Schwermetallsalze mit organischen Säuren und phosphorsaure Salze bei Gegenwart organischer Verbindun-gen nicht darin geglüht werden. Endlich leiden die Platintiegel, besonders in Bezug auf ihre Deckel, Noth, wenn man sie direct in starkes Kohlen-feuer setzt, weil sich alsdann durch Einwirkung der Asche leicht Kiesel-platin bildet, wodurch sie spröde und zerbrechlich werden. — Es ist sehr anzurathen, Platintiegel beim Glühen stets in Dreiecke von Platin-draht zu setzen. — Unrein gewordene Platintiegel werden durch Abrei-ben mit nassem Seesand, dessen Körner alle rund sind und nicht ritzen, gereinigt. Lassen sich Flecken dadurch nicht beseitigen, so schmelze man saures schwefelsaures Kali oder Borax in den Tiegeln, koche sie mit Wasser aus und polire sie zuletzt wieder mit Seesand.

Als eine mit dem Schmelzen verwandte Operation ist noch die fol-gende zu nennen.

§. 14.

13. Die Verpuffung.

Man versteht darunter im weiteren Sinne jede, gleichgültig durch welche Ursache herbeigeführte, mit Knall oder Geräusch verbundene Zersetzung. Im engeren Sinne meint man damit die Oxydation eines Körpers auf trockenem Wege, und zwar durch den Sauerstoff einer beigemengten Substanz, gewöhnlich eines salpetersauren oder chlorsauren Salzes, und verbindet hiermit den Begriff eines plötzlichen und heftigen, mit lebhafter Feuererscheinung und Geräusch oder Knall verbundenen Verbrennens.

Eine Verpuffung hat entweder die Gewinnung des zu erhaltenden Oxyds zum Zwecke, — so verpufft man Schwefelarsen mit Salpeter, um arsensaures Kali zu bekommen, — oder sie dient uns als Mittel, die Gegenwart oder Abwesenheit eines Körpers zu beweisen, — so kann man Salze auf Salpetersäure oder Chlorsäure prüfen, indem man beobachtet, ob sie beim Zusammenschmelzen mit Cyankalium verpuffen etc. — Zur Erreichung der ersten Absicht trägt man das völlig trockne Gemenge der Substanz und des Verpuffungsmittels portionenweise in einen glühenden Tiegel; — Prüfungen letzterer Art stellt man immer nur mit kleinen Quantitäten, am besten auf einem dünnen Platinblech oder in einem kleinen Löffelchen an.

§. 15.

14. Die Anwendung des Löthrohrs.

Diese Operation gehört nur der analytischen Chemie an und ist für dieselbe von äusserster Wichtigkeit. Wir haben zuerst die dazu nöthigen Apparate, sodann die Art ihrer Anwendung und endlich den Erfolg des Löthrohrblasens ins Auge zu fassen.

Das Löthrohr (Fig. 8) ist ein kleines, gewöhnlich aus Messing oder Argentan gefertigtes Instrument. Es wurde zuerst von den Metallarbeitern zum Löthen gebraucht und hat daher seinen Namen. Man unterscheidet daran drei Theile: erstens die zweckmässig mit einem Hornmundstück versehene Röhre *ab*, durch welche man mit dem Munde Luft einbläst; zweitens das kleine cylindrische Gefäss *cd*, in welches *ab* luftdicht eingedreht ist, es dient als Windkasten und zum Ansammeln der mitgerissenen Feuchtigkeit, — und drittens die ebenfalls in *cd* eingepasste kleinere Röhre *fg*, welche mit der grösseren einen rechten Winkel bildet und am vorderen Ende entweder durch ein fein durchbohrtes Platinplättchen geschlossen ist oder besser eine fein durchbohrte, luftdicht aufgedrehte Platinkappe *h* trägt. Letztere Vorrichtung, deren genauere Einrichtung die Fig. 9 zeigt, ist zwar etwas theurer, aber auch ungleich haltbarer als die erstere. Verstopft sich das Platinkäppchen mit der

Zeit, so bedarf es meistens nur eines Ausglühens desselben vor dem Löthrohre, um es wieder zu öffnen. — Die Länge des Löthrohrs

Fig. 8.

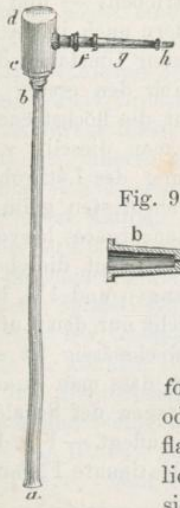


Fig. 9.



Fig. 10.

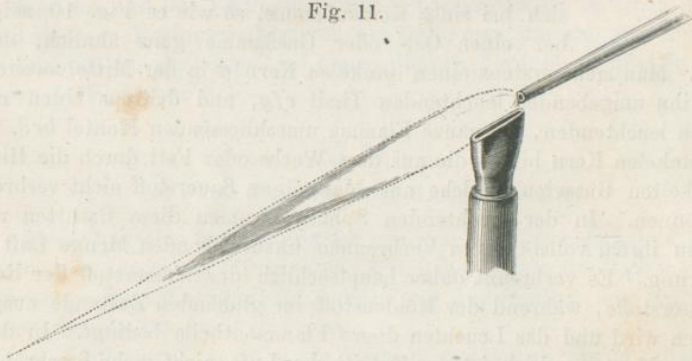


muss sich nach der Weite des deutlichen Sehens richten, sie beträgt gewöhnlich 20 bis 25 Centimeter. Die Form der Mundstücke ist verschieden. Manche ziehen solche vor, welche man mit den Lippen umschliesst, Andere solche von der Gestalt eines Trompetenmundstücks, welche man nur gegen die Lippen presst. Das Blasen mit letzteren ist weniger anstrengend, sie werden daher meist von denen vorgezogen, welche viel mit dem Löthrohre arbeiten.

Das Löthrohr dient dazu, einen fortdauernden feinen Luftstrom in eine Gas-, Lampen- oder Kerzenflamme, zuweilen auch in eine Weingeistflamme, zu führen. — Brennt eine solche unter gewöhnlichen Umständen, so sehen wir daran drei Theile, welche sich bei einer Kerzenflamme, so wie es Fig. 10 zeigt, bei einer Oel- oder Gasflamme ganz ähnlich, darstellen. Man sieht erstens einen dunklen Kern *a* in der Mitte, zweitens einen ihn umgebenden leuchtenden Theil *efg*, und drittens einen nur schwach leuchtenden, die ganze Flamme umschliessenden Mantel *bcd*. — Den dunklen Kern bilden die aus dem Wachs oder Fett durch die Hitze entwickelten Gasarten, welche aus Mangel an Sauerstoff nicht verbrennen können. In der leuchtenden Sphäre kommen diese Gasarten mit einer zu ihrem vollständigen Verbrennen unzureichenden Menge Luft in Berührung. Es verbrennt daher hauptsächlich der Wasserstoff der Kohlenwasserstoffe, während der Kohlenstoff im glühenden Zustande ausgeschieden wird und das Leuchten dieses Flammentheils bedingt. In dem äusseren Mantel endlich ist der Zutritt der Luft nicht mehr beschränkt, alle noch unverbrannten Stoffe verbrennen daselbst. Dieser Theil der Flamme hat die höchste Temperatur, und an der äussersten Spitze ist ihr heissester Punkt. Hält man in diese oxydable Körper, so oxydiren sie sich schnell, denn die Bedingungen dazu, hohe Temperatur und unbeschränkter Luftzutritt, sind gegeben. Es heisst daher der äussere Theil der Flamme die Oxydationsflamme. Bringt man dagegen oxydirte Körper, welche Neigung haben, ihren Sauerstoff abzugeben, in den leuchtenden Theil der Flamme, so findet das Entgegengesetzte Statt, das heisst, die Körper verlieren ihren Sauerstoff, er wird denselben von dem in dieser Sphäre befindlichen Kohlenstoff und dem noch unverbrannten Kohlenwasserstoff entzogen, sie werden reducirt. Der leuchtende Theil der Flamme heisst deshalb die Reductionsflamme.

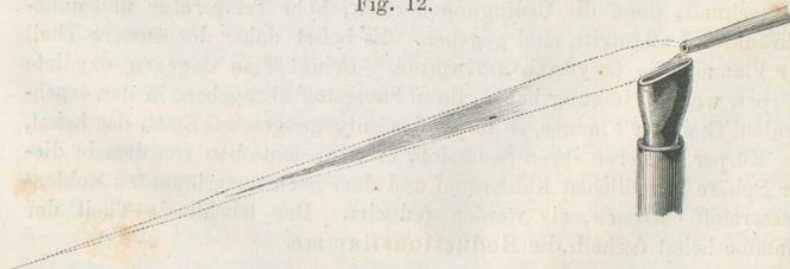
Führt man nun in eine Flamme von der Seite einen feinen Luftstrom ein, so ändert sich erstens die Form der Flamme, sie strebt nicht flackernd in die Höhe, sondern sie wird schmal und spitz in der Richtung des eingeblasenen Luftstromes nach der Seite getrieben, — und so findet zweitens nicht nur aussen um die Flamme, sondern auch innen in derselben ein Verbrennen Statt. Da durch den letzten Umstand die Hitze der Flamme ausserordentlich gesteigert und durch den ersten in engerem Raume concentrirt wird, so erklärt sich leicht die höchst energische Wirkung der Löthrohrflamme. — Je nachdem man dieselbe reducirend oder oxydirend wünscht, muss die Haltung des Löthrohrs und die Art des Einblasens verschieden sein. — Am leichtesten gelingt es, höchst wirksame Flammen beiderlei Art mittelst Leuchtgases hervorzubringen, welches aus einer platt zulaufenden Röhre ausströmt, die oben einen etwas schief abwärts gerichteten, 1 Centimeter langen und $1\frac{1}{2}$ bis 2^{mm} breiten Spalt hat, weil man bei der Gasflamme nicht nur den Luft-, sondern auch den Gasstrom reguliren kann. Sehr zweckmässig ist es, die stete Haltung des Löthrohrs dadurch zu erleichtern, dass man es auf eine verschiebbare Metallunterlage (z. B. den zum Tragen der Schalen etc. bestimmten Ring der Bunsen'schen Gaslampe) fest auflegt. — Fig. 11 stellt die zum Reduciren, Fig. 12 die zum Oxydiren bestimmte Flamme

Fig. 11.



dar. Die leuchtenden Theile sind schattirt. Um die Reducionsflamme hervorzubringen, hält man das Löthrohr so, dass seine Spitze sich am Rande der Flamme befindet, und bläst in die nicht zu schwache

Fig. 12.



Gasflamme einen nur mässigen Luftstrom ein. Es findet alsdann eine nur unvollkommene Mischung der Luft mit dem Gase Statt, und zwischen dem inneren bläulichen und dem äusseren kaum sichtbaren Theile der Flamme bleibt eine leuchtende und reducirende Zone, deren heissester Punkt etwas vor der Spitze des inneren Flammenkegels liegt. Die Oxydationsflamme erhält man, wenn man die Spitze des Löthrohrs ein wenig weiter in die Flamme einschiebt und bei schwächerer Gasflamme etwas stärker bläst. Luft und Gas mischen sich dadurch innig, es entsteht ein innerer spitzer, bläulicher, nur vorn ein wenig leuchtender Flammenkegel, umgeben von einem dünnen, spitzen, hellbläulichen, kaum sichtbaren Mantel. An der Spitze des inneren Kegels ist die heisseste Stelle der Löthrohrflamme, dorthin bringt man schwer schmelzbare Körper, die geschmolzen werden sollen, während man zu oxydirende Körper etwas vor die Spitze hält, damit es nicht an Luft zu ihrer Verbrennung fehlt. — Statt der Gasflamme kann man sich auch einer Oellampe mit breitem, nicht zu dünnem Dochte, auch wohl einer starken Wachskerze bedienen. — Zur Hervorbringung einer Oxydationsflamme genügt meistens schon eine kleine Weingeistlampe.

Das Blasen geschieht nur mit den Wangenmuskeln und nicht mit der Lunge. Man erlernt es leicht, wenn man sich eine Zeit lang übt, mit aufgeblasenen Backen ruhig zu athmen. Hat man es dahin gebracht, dass man auf diese Art ruhig fortathmen kann, auch wenn man das Löthrohr zwischen den Lippen hält, so bedarf es nur noch der Uebung, um ununterbrochen eine ruhige und stete Flamme hervorzubringen.

Die Unterlagen, auf welchen man die zu untersuchenden Körper der Löthrohrflamme aussetzt, sind in der Regel entweder Holzkohle, Platindraht oder Platinblech.

Der Holzkohle bedient man sich meistens als Unterlage, wenn man ein Metalloxyd oder dergleichen reduciren oder einen Körper auf seine Schmelzbarkeit prüfen will. Die zu prüfenden Substanzen bringt man in kleine konische Grübchen, welche man mit einem Messer oder einer kleinen Blechröhre in die Kohle gräbt. Sind Metalle in der Hitze der Reductionsflamme flüchtig, so verdampfen sie während der Reduction ganz oder theilweise. Die Metaldämpfe verbrennen beim Durchgang durch die äussere Flamme wieder zu Oxyd, und dieses legt sich als ein Anflug rings um die Probe an. Solche Anflüge heissen Beschläge. Viele derselben haben eigenthümliche Farbe, so dass daran die Metalle erkannt werden können. — Bei Auswahl der Kohlen hat man darauf zu sehen, dass sie gut ausgebrannt sind, weil sie sonst spritzen und die Probe wegschleudern. Die Kohle des Fichten-, Linden- oder Weidenholzes ist der Kohle festerer und aschereicherer Holzarten weit vorzuziehen. Man wähle glatte Stücke aus, da die knorrigten beim Erhitzen spritzen und die Proben wegschleudern. Am zweckmässigsten zersägt man die Kohle von reifem und gerade gespaltenem Fichtenholze in parallelepipedische Stücke; sind diese gut abgeblasen, so beschmutzen sie

die Hände nicht. Man gebraucht nur die Seiten, wo die Jahresringe auf der Kante stehen, weil sich auf den anderen die Flüsse auf der Oberfläche der Kohle ausbreiten (Berzelius). In neuerer Zeit findet man auch aus Holzkohlenpulver künstlich hergestellte Kohlenmasse im Handel, welche — in geeigneten Formen gepresst — handliche, reinliche und gute Unterlagen für Löthrohrversuche liefert.

Die Eigenschaften, welche die Holzkohle als Unterlage bei Löthrohrproben so werthvoll machen, sind: erstens ihre Unschmelzbarkeit; — zweitens ihr geringes Leitungsvermögen für Wärme, welches gestattet, dass eine Probe auf der Kohle stärker als auf jeder anderen Unterlage erhitzt werden kann; — drittens ihre Porosität, wodurch sie leicht schmelzbare Körper, z. B. Borax, Soda u. s. w., einsickern lässt, während unschmelzbare auf ihrer Oberfläche zurückbleiben; — viertens ihre Fähigkeit, oxydirte Körper zu reduciren, wodurch sie zur Reduction der Oxyde durch die innere Löthrohrflamme mitwirkt.

Des Platindrahtes und zuweilen auch des Platinbleches bedient man sich bei allen Oxydationsversuchen, ferner wenn man Körper mit

Fig. 13. Flussmitteln behandeln will, um ihre Löslichkeit in diesen, die Erscheinungen, welche sich beim Lösen derselben darbieten, und die Farbe der entstehenden Perlen zu erforschen, und endlich, wenn man einen Körper in die Flamme bringen will, um zu untersuchen, ob er dieselbe färbt. Man wählt Draht von der Stärke dünner Claviersaiten, schneidet ihn in 8 Centimeter lange Stücke und biegt jedes an beiden Enden zu einem kleinen Oehre um (Fig. 13). Beim Gebrauch befeuchtet man das Ohr mit einem Tropfen Wasser, taucht es, wenn ein Flussmittel angewandt werden soll, in das gepulverte ein und schmelzt den anhaftenden Theil in der Weingeist- oder Gasflamme zu einem Tropfen, welcher in dem Oehre hängen bleibt. Nach dem Erkalten befeuchtet man die Probe wiederum, bringt die zu prüfende Substanz hinzu, lässt sie in gelinder Hitze anschmelzen und setzt nun das Ohr je nach Umständen der inneren oder äusseren Löthrohrflamme aus.

Die Löthrohrflamme ist bei chemischen Untersuchungen besonders deswegen sehr geschätzt, weil ihre Wirkungen augenblicklich zu Resultaten führen. Diese Resultate sind von zweierlei Art. Entweder nämlich lernen wir nur die allgemeinen Eigenschaften des Körpers kennen, das heisst, wir erfahren, ob er feuerbeständig, flüchtig, schmelzbar ist u. s. w.; oder wir sehen an den eintretenden Erscheinungen sogleich, mit welchem speciellen Körper wir zu thun haben. Welcher Art diese Erscheinungen sind, werden wir zu betrachten Gelegenheit haben, wenn wir an das Verhalten der einzelnen Körper zu Reagentien kommen.

Da beim Gebrauche des Löthrohres die eine Hand in Anspruch genommen ist, da andauerndes Blasen Uebung und immer eine wenn auch nicht grosse Anstrengung erfordert, und da es endlich nicht ganz leicht ist, die Löthrohrflamme so stet zu erhalten, dass die derselben ausgesetzten Substanzen sich immer in den gerade gewünschten Theilen der Flamme befinden, so ging seit langer Zeit schon das Bestreben vieler Chemiker dahin, selbstthätige Löthrohrapparate herzustellen, und es sind viele solcher in Vorschlag und Aufnahme gekommen. Bald wird der Luftstrom mittelst eines Gasometers, bald mittelst eines Kautschukballons, bald nach Art des Wasser-Trommelgebläses etc. hergestellt. Bei weitem der einfachste selbstthätige Löthrohrapparat aber, der die meisten mit dem Löthrohre überhaupt erreichbaren Zwecke auf die beste und bequemste Art erreichen lässt, ist die ohne Leuchten und Russen brennende Flamme einer mit einem Schornstein versehenen Bunsen'schen Gaslampe, welche im folgenden Paragraphen besprochen werden wird.

§. 16.

15. Die Anwendung der Lampen, insbesondere der Gaslampen.

Zu den mannigfachen Erhitzungen, welche bei qualitativen Analysen vorkommen, zum Abdampfen, Destilliren, Glühen etc., bedient man sich in der Regel, da meist nur kleinere Substanzmengen zu erhitzen sind, der Lampen, und zwar entweder der Weingeistlampen oder, wenn Leuchtgas zur Verfügung steht, mit besonderem Vortheile der Gaslampen. — Von Weingeistlampen sind zwei Arten in Gebrauch, die einfache in Fig. 16 dargestellt, und die Berzelius'sche mit doppeltem Luftzuge (Fig 14). Bei der letzteren ist wohl zu berücksichtigen, dass der Weingeistbehälter

Fig. 14.

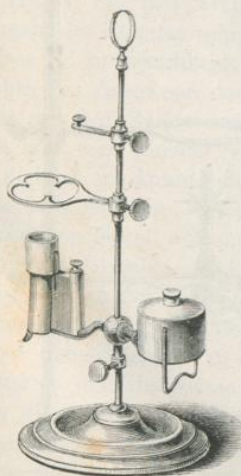


Fig. 15.



Fig. 16.

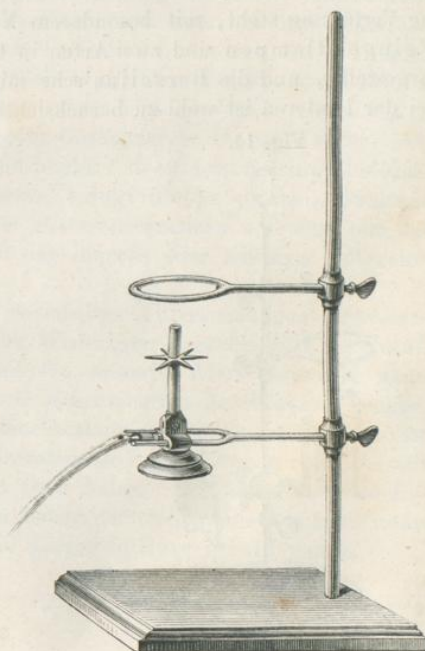
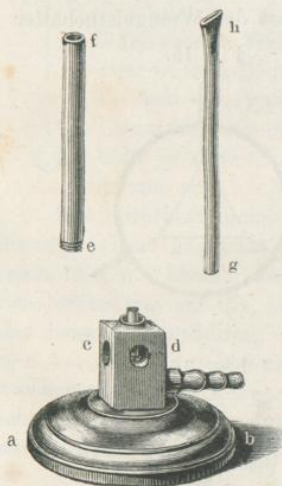


nur durch eine enge Röhre mit dem Behälter des Dochtes in Verbindung stehen, nicht aber geradezu in denselben übergehen darf, weil sonst beim Anzünden sehr häufig äusserst unangenehme Explosionen eintreten. — Ausserdem muss beachtet werden, dass der Schornstein nicht zu eng sei, und der Stöpsel auf der Oeffnung, durch welche man den Weingeist eingiesst, nicht luftdicht schliesse. — Man wähle eine Lampe, welche an einem Stativ herauf und herab geschoben werden kann. An demselben Stativ befinde sich ausserdem ein beweglicher Ring von Messing (Kochring) zum Aufsetzen von Schalen und Kolben, und ein zweiter von mässig starkem Eisendraht (Glühring), der den Drahtdreiecken als Unterlage dient, in welche man die Tiegel beim Glühen hängt. Von den verschiedenen Formen der genannten Lampen, welche man hat, ist die in Fig. 14 abgebildete eine der zweckmässigsten und schönsten. Fig. 15 zeigt ein in einem Eisendrahttring befestigtes Dreieck von Platindraht zum Einsetzen der Platintiegel beim Glühen. — Glasgefässe, namentlich Bechergläser, welche über der Weingeistlampe erhitzt werden sollen, stellt man zweckmässig auf ein Stück eines aus feinem Eisendraht bestehenden Netzes, wie es zur Darstellung mittelfeiner Siebe dient.

Von den vielen in Vorschlag gekommenen Gaslampen empfiehlt sich am meisten die Bunsen'sche. Sie ist in einfachster Form dargestellt in Fig. 17 und 18. *ab* ist ein Fuss von Gusseisen von 7 Centimeter

Fig. 18.

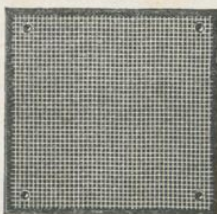
Fig. 17.



Durchmesser. In seinem Centrum ist befestigt der viereckige, oben etwas schräg zulaufende, von Messing gefertigte Theil *cd*, dessen Seiten 25^{mm} hoch und 16^{mm} breit sind. Derselbe hat eine cylindrische Höhlung, deren Tiefe 12^{mm} und deren Durchmesser 10^{mm} beträgt. Jede Seite des viereckigen Körpers hat 4^{mm} vom oberen Rande eine runde, in die innere Höhlung führende Oeffnung von 8^{mm} Durchmesser. Auf der einen Seite befindet sich 1^{mm} unter der runden Oeffnung ein Röhrenansatz, welcher dazu bestimmt ist, den das Gas zuführenden Schlauch von vulkanisirtem Kautschuk aufzunehmen. Der Ansatz ist zu dem Ende wellig abgedreht, seine Bohrung hat 4^{mm} Durchmesser. Das durch diese Röhre eindringende Gas strömt aus einer in der Mitte der Höhlung des viereckigen Stückes befindlichen, oben 4^{mm} dicken, unten dickeren, 3^{mm} über den Rand des viereckigen Stückes emporragenden Röhre aus, und zwar aus einem Spalte, der aus drei Radien eines Kreises gebildet erscheint, von denen je zwei einen Winkel von 120° mit einander bilden. Die Länge eines jeden Radius beträgt 1^{mm}, die Oeffnung des Spalts $\frac{1}{3}$ ^{mm}. — Im oberen Theil der Höhlung des viereckigen Stückes befindet sich ein Schraubengewinde; in dieses passt das Gewinde der 95^{mm} langen, an beiden Enden offenen Messingröhre *ef*, deren Durchmesser im Lichten 9^{mm} beträgt. Schraubt man diese auf, so ist die Lampe fertig. Oeffnet man den Gashahn, so strömt das Gas aus dem dreifachen Spalte in die Röhre *ef*, es mischt sich in dieser mit der durch die runden Oeffnungen *c* eindringenden Luft, und entzündet man jetzt dies Gemenge bei *f*, so erhält man eine gerade aufwärts strebende, bläuliche, gänzlich russfreie Flamme, welche man ganz nach Belieben durch Oeffnen des Hahns reguliren kann; sie dient, wenn sie klein gemacht wird, statt der gewöhnlichen einfachen Weingeistlampe, während die rauschende und bis zu 2 Decimeter lange Flamme, welche man bei starkem Gasstrom erhält, die Berzelius'sche Weingeistlampe trefflich ersetzt. — Lässt man die Flamme sehr klein brennen, so ereignet es sich nicht selten, dass sie zurückschlägt, d. h. dass nicht das Gemenge von Gas und Luft oben am Ausgange der Röhre *ef*, sondern dass das Gas bei seinem Austritt aus dem Spalte unten in der Röhre brennt. Diese Unannehmlichkeit lässt sich gänzlich vermeiden, wenn man die Röhre *ef* oben mit einem kleinen aus Drahtgeflechte gebildeten Häubchen bedeckt. — Kolben, Bechergläser etc., welche über der Gaslampe erhitzt werden sollen, stellt man am besten auf ein Netzblech. So nenne ich ein quadratisches Stück dünnes Eisenblech, auf welchem ein gleich grosses Stück Drahtnetz mit vier nahe an den Ecken angebrachten Nietnägeln befestigt ist (Fig. 19). Man kann sich zwar auch einfacher Drahtnetze bedienen, aber diese brennen über den Gaslampen in der Mitte rasch durch und bieten gegen das Zerspringen der Glasgefäße auch nicht die Sicherheit wie die haltbaren und ein gleichmässiges Erhitzen begünstigenden Netzbleche. — Will man die Gaslampe zu Versuchen mit dem Löthrohre benutzen, so lässt man die oben platt zulaufende und in einem Winkel von 68° zur Axe abge-

schnittene Röhre *gh* in die Röhre *ef* fallen. Hierdurch werden die Luftöffnungen im viereckigen Theil geschlossen, und es strömt nun aus dem

Fig. 19.



1 Centimeter langen und $1\frac{1}{2}$ bis 2^{mm} breiten Spalt, welchen die eingesenkte Röhre oben hat, reines mit leuchtender Flamme brennendes Gas aus. — Fig. 18 zeigt die Gaslampe eingeschoben in die Gabel eines eisernen Gestells. Sie ist so vor- und rück-, auf- und abwärts schiebbar. Der an derselben Säule befindliche Ring dient zum Tragen der zu erheizenden Gegenstände. — Die sechs einen Kranz um die Röhre der Lampe bildenden Radien dienen zum Tragen eines Schornsteins von Eisenblech (s. Fig. 21) oder eines Porzellantellers, der bei quantitativen Analysen Verwendung findet.

Fig. 20.



Soll die Erhitzung eines Tiegels bis zur hellsten Rothgluth oder Weissgluth gesteigert werden, so bedient man sich des Gasgebläses. Aber auch ohne ein solches lässt sich die Wirkung der Gaslampe schon dadurch bedeutend steigern, dass man den Tiegel innerhalb einer kleinen Thonessse erheizt, wie solche von O. L. Erdmann empfohlen worden sind. Fig. 20 zeigt die einfache Vorrichtung. Die Eisen haben 115^{mm} Höhe und 70^{mm} Durchmesser im Lichten. Die Wandung ist 8^{mm} dick.

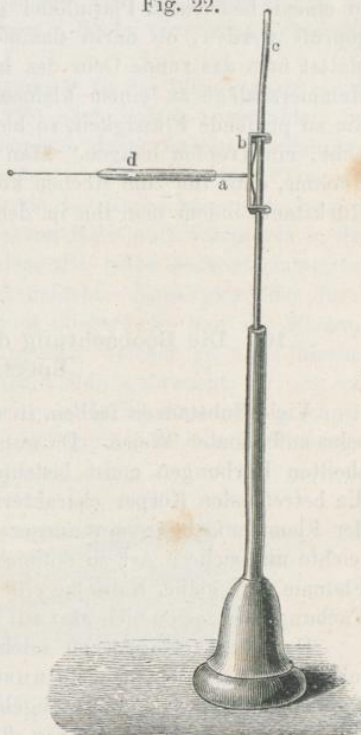
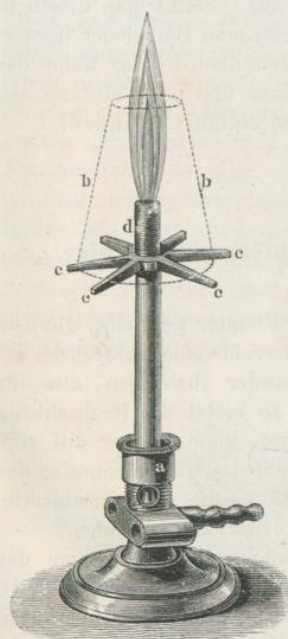
Soll die Gaslampe als Ersatz eines Löthrohrgebläses, also zu Reductions-, Oxydations-, Schmelz- und Verflüchtigungsversuchen dienen, sowie zur Beobachtung der Flammenfärbungen, so gibt ihr Bunsen*) eine etwas vervollkommnete Einrichtung, siehe Fig. 21. Man erkennt daran den zum Auf- und Abschrauben eingerichteten Theil *a*, sodann den oben 30^{mm}, unten 55^{mm} weiten konischen Schornstein von Eisenblech *b*, welcher auf den Trägern *cccc* so aufgesetzt wird, dass sich die Brennröhre *d* in der Axe des Schornsteins befindet und 45^{mm} unterhalb der oberen Mündung desselben endigt. Gestattet jene Vorrichtung eine leichte Regulirung des Luftzutrittes, so bedingt der Schornstein eine gestreckte, ruhig und gleichmässig brennende Flamme von der aus der Abbildung ersichtlichen Gestalt. Bei aufmerksamer Beobachtung erkennt man einen inneren Theil und zwei denselben umgebende Hüllen. Jener entspricht dem dunkelen Theile der gewöhnlichen leuchtenden Flamme und enthält das zuströmende, mit Luft gemischte, nicht brennende Gas. Stellt man den Gashahn so ein, dass die Spitze des inneren Theiles genau in die Ebene der oberen

*) Ann. d. Chem. u. Pharm. 111. 257.

Schornsteinöffnung fällt, so erhält man eine Flamme von völlig constanten Dimensionen, die unbeweglich und in ihren Theilen scharf begrenzt ist, auch sich jederzeit in ganz gleicher Beschaffenheit herstellen lässt. Der den inneren Theil zunächst umgebende Mantel enthält noch unverbrannten Kohlenwasserstoff, der äussere blauere besteht aus den letzten Verbrennungsproducten. Die heisseste Stelle der Flamme hat nach Bunsen's Berechnung eine Temperatur von etwa 2300°C . Sie liegt in den den inneren Theil der Flamme umgebenden Hüllen, und zwar in einer Zone, die sich von dem die Spitze des inneren Theiles schneidenden Querschnitt der Flamme einige Millimeter aufwärts und abwärts erstreckt. Diese Region nennen wir mit Bunsen den Schmelzraum; er dient, um Körper auf ihr Verhalten bei einer ungefähr 2300°C . betragenden Temperatur zu prüfen. Der äussere Rand dieses Schmelzraums wirkt als Oxydationsflamme, das Innere desselben als Reductionsflamme, welche

Fig. 22.

Fig. 21.



unmittelbar über der Spitze des inneren Theiles der Flamme am kräftigsten reducirt. In ausgezeichneter Weise lassen sich an der genannten Flamme die Färbungen erkennen, welche viele Körper den Flammen mittheilen, und deren genauere Beobachtung die Entdeckung mancher

Körper noch möglich macht, auch wenn sie in so kleinen Spuren vorhanden sind, dass sich alle übrigen Mittel als ganz unzulänglich erweisen. Wir besprechen diesen Gegenstand im folgenden Paragraphen. Hier sei nur noch erwähnt, dass man bei Anwendung der Gasflamme anstatt des Löthrohrs den grossen Vortheil hat, die Proben mittelst eines Halters andauernd an bestimmte Stellen der Flamme bringen zu können, Fig. 22 (a. v. S.) zeigt einen solchen Halter. Der Arm *a* ist mittelst der federnden Vorrichtung *b* an dem Säulchen *c* leicht verschiebbar; über den wagerechten Stift schiebt man das Glasröhrchen *d*, welches einen eingeschmolzenen Platindraht von ungefähr 0,15^{mm} Dicke trägt, der vorn zu einem Oehre umgebogen ist. Befeuchtet man letzteres und berührt damit das Pulver der zu prüfenden Substanz, so haftet dieses daran und sintert oder schmilzt daran fest, wenn man das Ohr neben der Flamme eine Zeit lang erhitzt und dann in dieselbe einführt. Decrepitirende Substanzen müssen zuvor in einem bedeckten Platinlöffel geglüht werden. Sollen Flüssigkeiten geprüft werden, ob darin flammenfärbende Substanzen gelöst sind, so plattet man das runde Ohr des haarförmigen Platindrahtes durch einige Hammerschläge zu einem kleinen Platinringe aus. Senkt man diesen in die zu prüfende Flüssigkeit, so bleibt darin, wenn man ihn wieder heraushebt, ein Tropfen hängen. Man verdunstet denselben in der Nähe der Flamme, ohne ihn zum Kochen kommen zu lassen und prüft alsdann den Rückstand, indem man ihn in den Schmelzraum einführt (Bunsen).

§. 17.

16. Die Beobachtung der Flammenfärbung und die Spectralanalyse.

Viele Substanzen färben, in eine farblose Flamme gebracht, diese in sehr auffallender Weise. Da nun die durch verschiedene Substanzen ertheilten Färbungen meist bedeutend von einander abweichen, also für die betreffenden Körper charakteristisch sind, so bietet die Beobachtung der Flammenfärbung ein ausgezeichnetes Mittel, viele Körper auf eine leichte und sichere Art zu entdecken. So ertheilen z. B. Natronsalze der Flamme eine gelbe, Kalisalze eine violette, Lithionsalze eine carminrothe Färbung und lassen sich also auf die einfachste Art unterscheiden.

Besonders geeignet zu solchen Beobachtungen ist die Flamme der mit Schornstein versehenen Bunsen'schen Gaslampe, wie solche in §. 16 beschrieben und in Fig. 21 abgebildet ist. Die zu prüfenden Substanzen bringt man mittelst des in Fig. 22 abgebildeten Halters am kleinen Ohr eines feinen Platindrahtes in den Schmelzraum der Gasflamme. In besonders auffallendem Grade färben die Flamme die Salze der Alkalien und alkalischen Erden. Vergleicht man verschiedene Salze einer und derselben Basis, so findet man, dass jedes Salz, sofern es nur in hohen Temperaturen irgend flüchtig ist, oder wenigstens die Verflüchtigung der

Base gestattet, die Flamme auf gleiche Art nur in verschiedener Stärke färbt, — und zwar färben die flüchtigsten am stärksten, also Chlorkalium stärker als kohlensaures, dieses stärker als kieselsaures Kali. Nicht selten lässt sich die Flammenfärbung durch Zusatz eines die schwerflüchtige Verbindung zersetzenden Körpers herbeiführen oder erhöhen. So lässt sich in Silicaten, welche nur einige Procente Kali enthalten, das Kali durch Flammenfärbung ohne Weiteres nicht mehr nachweisen, wohl aber, wenn man etwas reinen Gyps zusetzt, weil dieser die Bildung von kieselsaurem Kalk und von hinreichend flüchtigem schwefelsaurem Kali veranlasst.

So entscheidend nun aber auch die blosse Flammenfärbung die Anwesenheit einzelner reiner Metallverbindungen erkennen lässt, so scheinbar werthlos wird solche, wenn die Verbindungen mehrerer Metalle gemischt sind; so erscheint bei Gemengen von Kali- und Natronsalzen nur die Natron-, bei Gemengen von Baryt und Strontiansalzen nur die Barytflamme etc. — Diesem Uebelstande lässt sich aber auf zweierlei Art mit dem überraschendsten Erfolge begegnen. Beide Forschungsarten sind Entdeckungen der neueren Zeit.

Die eine Art, von Cartmell*) zuerst in die Wissenschaft eingeführt, von Bunsen**) und von Merz***) noch weiter ausgebildet, besteht darin, dass man die gefärbten Flammen durch farbige Medien (gefärbte Gläser, Indigolösung etc.) betrachtet. Indem diese die Flammenfärbung eines Metalls auslöschen, lassen sie die des beigemengten hervortreten. Bringt man z. B. ein Gemenge von Kali- und Natronsalz in den Flammenrand, so zeigt die Flamme bloss die gelbe Natronfärbung, betrachtet man sie aber durch ein tiefblau gefärbtes Kobaltglas oder durch Indigolösung, so wird die Natronfärbung ausgelöscht und die Flamme zeigt die violette Kalifärbung. Der Apparat, welcher zu allen hierher gehörigen Versuchen ausreicht, ist einfach. Man gebraucht: 1. ein aus Spiegelplatten zusammengesetztes Hohlprisma, Fig. 23, dessen Hauptschnitt ein Dreieck bildet mit zwei Seiten von 150^{mm} und einer von 35^{mm} Länge.

Fig. 23.



Die zur Füllung desselben dienende Indigolösung bereitet man, indem man 1 Thl. Indigo in 8 Thln. rauchender Schwefelsäure auflöst, 1500 bis 2000 Thle. Wasser zusetzt und die Lösung dann filtrirt. Beim Gebrauch

*) Philosophical Magaz. XVI. 328.

**) Ann. d. Chem. u. Pharm. 111. 257.

***) Journ. f. prakt. Chem. 80. 487.

führt man das Prisma in horizontaler Richtung in der Weise dicht vor dem Auge vorbei, dass die Strahlen der beobachteten Flammen immer dickere Schichten des auslöschenden Mediums durchdringen müssen.

2. Ein blaues, ein violettes, ein rothes und ein grünes Glas. Das blaue ist durch Kobaltoxydul, das violette durch Manganoxyd, das rothe (Ueberfangsglas) durch Kupferoxydul und das grüne durch Eisenoxyd und Kupferoxyd gefärbt. Die im Handel vorkommenden Sorten, wie sie zur Verzierung von Fenstern verwendet werden, haben in der Regel die richtigen Nüancen. — Wie die durch verschiedene Körper gefärbten Flammen erscheinen, wenn man sie durch die genannten Medien betrachtet, und durch welche Combinationen man die einzelnen erkennt, wird im dritten Abschnitte bei den betreffenden Basen und Säuren besprochen werden.

Die zweite Art, die Spectralanalyse, hauptsächlich von Kirchhoff und Bunsen in die Wissenschaft eingeführt, besteht darin, dass man die Strahlen der gefärbten Flammen zunächst durch einen engen Spalt, sodann durch ein Prisma fallen lässt, und dass man die so gebrochenen mittelst eines Fernrohres betrachtet. Man erhält so für jedes die Flamme färbende Metall ein besonderes Spectrum, bald ein aus vielen neben einander liegenden gefärbten Linien gebildetes, wie bei Baryt, — bald eines, welches nur aus zwei getrennt von einander liegenden, verschieden gefärbten Linien besteht, wie bei Lithion, — und bei Thallium eines, welches nur aus einer einzigen grünen Linie besteht. Diese Spectra sind auf zweifache Art charakteristisch, einmal dadurch, dass die Spectrallinien eine bestimmte Farbe, und sodann dadurch, dass sie einen bestimmten Ort haben.

Letzterer Umstand bedingt es denn auch, dass bei der Spectralbeobachtung in Gemischen flammenfärbender Metallverbindungen jedes Metall ohne alle Schwierigkeit neben dem anderen erkannt werden kann; so liefert eine Flamme, in welche man ein Gemenge von Kali-, Natron- und Lithionsalz bringt, die Spectra der einzelnen Metalle neben einander in vollkommenster Reinheit.

Kirchhoff und Bunsen haben zwei Apparate construirt, welche zur Spectralbeobachtung geeignet sind und die Messung der Orte, an denen die Spectrallinien erscheinen, zulassen. Beide beruhen ganz auf denselben Principien, der grössere und vollkommenste ist beschrieben und abgebildet in Poggendorff's Annalen 113. 374, und in der Zeitschrift für analytische Chemie 1862. 49, — der kleinere einfachere und deshalb billigere, welcher für die gewöhnlichen Zwecke ausreicht und in den Laboratorien besonders häufig benutzt wird, soll hier beschrieben werden. Fig. 24 stellt ihn dar.

Auf der Mitte der kreisförmigen Eisenplatte *A* ist das Prisma, dessen brechende Flächen Kreise von etwa 25^{mm} Durchmesser sind, durch einen Bügel befestigt, der auf die obere Fläche des Prismas drückt und unten an die Eisenplatte angeschraubt ist. Auf derselben Platte sind auch die drei Rohre *B*, *C*, *D* ein für alle Mal befestigt. Ein jedes Rohr

ist an einen Metallklotz gelöthet, wie er in Fig. 24 b in grösserem Maassstabe dargestellt ist. Dieser Klotz enthält die Muttern für zwei Schrauben, welche durch weitere Oeffnungen der Eisenplatte hindurchgehen und

Fig. 24.

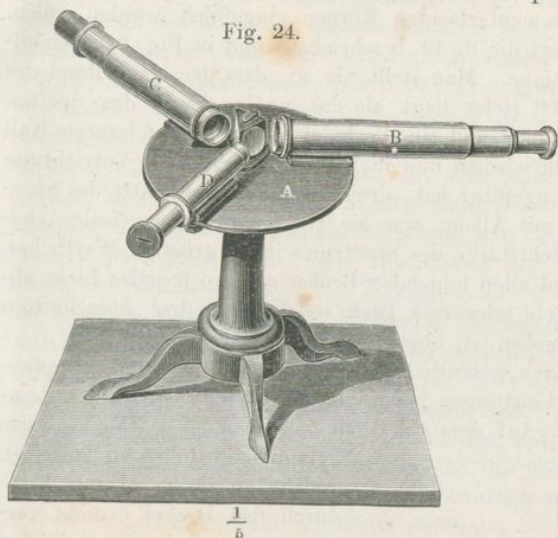
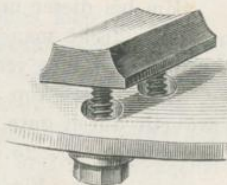


Fig. 24 b.



festgezogen sind, nachdem das Rohr seine richtige Stellung erhalten hat. *B* ist das Beobachtungsfernrohr; es hat eine etwa sechsmalige Vergrösserung und ein Objectiv von 20^{mm} Durchmesser. Das Rohr *C* trägt den zum Einlassen des Lichtes bestimmten senkrechten Spalt. Derselbe ist in ein Stanniolblättchen eingeschnitten*). Das Rohr *D* trägt eine photographische Abbildung einer Millimeterscale, die auf einer Glasplatte in der Camera obscura in dem Maassstabe von etwa $\frac{1}{15}$ hergestellt ist. Dieselbe ist mit Stanniol so weit gedeckt, dass nur der schmale Streifen, auf dem die Theilstriche und die Zahlen sich befinden, sichtbar ist. Diese Scale wird durch eine dicht dahinter aufgestellte Gas- oder Kerzenflamme erleuchtet.

Die Achsen der Rohre *B* und *D* gehen auf die Mitte der einen Prismenfläche und sind gegen diese gleich geneigt, die Achse von *C* geht auf die Mitte der anderen Prismenfläche. In Folge dieser Stellung erscheinen die durch Brechung des durch *C* kommenden gefärbten Lichtes entstehenden Spectren und das durch totale Reflexion entstehende Spiegelbild der in *D* befindlichen Scale an einem und demselben Orte, so dass die Stellen der Spectrallinien auf der Scale abgelesen werden können. Dem Prisma ist ungefähr die Stellung gegeben, bei der die Ablenkung der Strahlen der Natriumlinie ein Minimum ist, dem Fernrohre die Richtung, bei der

*) Der Stanniolspalt ist nur bei sehr vorsichtigem Gebrauche von Dauer. Für Laboratorien empfehlen sich daher solidere, in Messing ausgeführte Einrichtungen weit mehr.

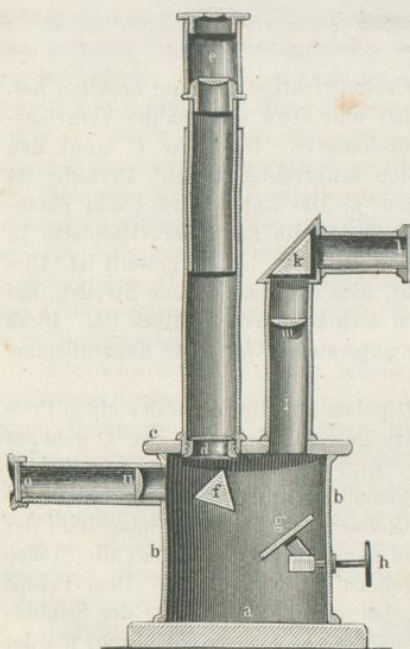
die rothe und die violette Kaliumlinie etwa gleichweit von der Mitte des Gesichtsfeldes abstehen.

Zehn Centimeter von dem Spalte bringt man die farblose Flamme an, in welche die flammenfärbenden Körper eingeführt werden sollen. Die beste Flamme liefert die S. 29 beschriebene und in Fig. 21 abgebildete Bunsen'sche Lampe. Man stellt sie so, dass der obere Rand des Schornsteins etwa 20^{mm} tiefer liegt als das untere Ende des Spaltes. Nachdem man sie entzündet und eine Perle, etwa von schwefelsaurem Kali mittelst der S. 29 beschriebenen und in Fig. 22 abgebildeten Vorrichtung in den Schmelzraum eingeführt hat, dreht man die Eisenplatte des Spectralapparates, welche mit Allem, was sie trägt, um ihre verticale Achse drehbar ist, bis die Lichtstärke des Spectrums ihren grössten Werth hat.

Um bei dieser und allen folgenden Beobachtungen fremdes Licht abzuhalten, deckt man ein schwarzes Tuch, welches mit drei Ausschnitten für die drei Rohre versehen ist, über diese und das Prisma.

Ein Spectroskop von wesentlich abweichender Einrichtung, empfehlenswerth durch gute Leistungen bei relativ billigem Preis, ist das Rexroth'sche *) Fig. 25. Auf dem schweren runden Fuss *a* ist eine weite

Fig. 25.



cylindrische Röhre *bb* befestigt, welche an ihrem oberen Ende durch den Deckel *c* dicht verschlossen wird. In diesen Deckel ist auf der einen Seite das Fernrohr *de* und gegenüber die Spaltvorrichtung *il* fest angebracht. Letztere ist auf nebenstehender Figur um einen rechten Winkel verdreht gezeichnet, damit die innere Einrichtung sich besser wahrnehmen lässt. Die Vorrichtung besteht aus dem verstellbaren Spalt *l*, dem Reflexionsprisma *k* und der Linse *m*, welche die von dem Spalte kommenden Strahlen parallel macht und auf den Planspiegel *g* gelangen lässt, von wo dieselben nach dem Flintglasprisma *f* reflectirt werden, um aus dessen oberer Fläche in das darüber befindliche Fernrohr einzutreten und durch das Ocular wahrgenommen zu werden.

Der belegte Planspiegel *g* wird durch die Kopfschraube *h* um eine hori-

*) Zeitschrift f. analyt. Chem. 3. 443.

zontal liegende Achse bewegt, wodurch es möglich wird, das im Fernrohr wahrzunehmende Bild von einer Seite des Sehfeldes nach der entgegengesetzten zu bewegen und hierdurch die verschiedenen Punkte des Spectrums nach und nach in die Mitte des Gesichtsfeldes zu bringen. Der Seite des Flintglasprismas f , aus der die Lichtstrahlen austreten, gegenüber befindet sich die Scalenvorrichtung; bei o die photographirte Scale und bei n eine Linse, welche die von o kommenden Strahlen unter sich parallel macht, so dass sie, von der oberen Fläche des Flintglasprismas in das Objectiv des Fernrohrs reflectirt, mit dem Spectrum zugleich gesehen werden können. Die unverrückbare Scale wird durch ein kleines Oelämpchen oder eine Gasflamme erleuchtet und erscheint durch das ganze Sehfeld gleichmässig hell. Die Einstellung der Natriumlinie geschieht durch die Schraube h , was den Vortheil gewährt, dass man beim Ablesen der Scale bei weit entfernten Linien, z. B. der blauen Kaliumlinie, die Natriumlinie um 20 Theilstriche weiter nach links verlegen kann, um die zu messende Linie mehr in die Mitte des Sehfeldes zu bringen und hierdurch ein bequemerer Ablesen zu ermöglichen. In diesem Falle würde zu der erhaltenen Zahl noch 20 zu addiren sein, und im umgekehrten Falle, wenn um eine rothe Linie mehr in die Mitte zu bringen die Natriumlinie um 20 Theilstriche nach rechts verlegt worden wäre, müsste 20 von der abgelesenen Zahl subtrahirt werden.

Die Spectra, welche die Alkalien und alkalischen Erden liefern, sind auf Tafel I. Fig. 1 abgebildet. Das Sonnenspectrum ist, um die Orientirung zu erleichtern, beigelegt. Die Spectra sind so dargestellt, wie sie in den mit astronomischen Fernrohren versehenen Apparaten erscheinen. Auf die Linien, welche für jedes Metall die charakteristischsten sind, soll im dritten Abschnitte bei den einzelnen Körpern aufmerksam gemacht werden; hier will ich nur anführen, auf welche Art man der Spectralanalyse den höchsten Grad von Sicherheit gibt. Es geschieht, indem man die Perle je einer reinen Metallverbindung der Flamme aussetzt und die hervortretendsten Spectrallinien in Betreff ihres Ortes, an dem sie sich auf der Scale des Apparates zeigen, auf gezeichneten Scalen in der Art einträgt, wie es in Fig. 2 auf Tafel I beispielsweise für das Strontiumspectrum geschehen ist. Es ist ersichtlich, dass das Spectrum eines unbekannten Körpers nur dann als Strontiumspectrum gelten kann, wenn die charakteristischen Linien nicht allein in Betreff der Farbe übereinstimmen, sondern auch genau an denselben Stellen erscheinen, wo sie auf der Strontiumscale verzeichnet sind.

Solche Zeichnungen muss sich natürlich Jeder für seinen Apparat anfertigen, und sie verlieren ihre Bedeutung, wenn an der Stellung des Prismas oder der Scale etwas geändert wird. Aus diesem Grunde ist es zweckmässig, dem Apparate eine Einstellung zu geben, die leicht wieder gefunden werden kann, wenn sie durch einen Zufall gestört sein sollte, nämlich die, bei der dem linken Rand der Natriumlinie die Ablesung 50 entspricht.

Mit dem Auftreten der Spectralanalyse hat für die chemische Analyse in vielen Beziehungen eine neue Aera begonnen, denn wir vermögen mit Hülfe jener so kleine Mengen von Körpern zu entdecken, wie dies mit keiner anderen Methode möglich ist; dabei bietet das Verfahren eine Sicherheit, welche jeden Zweifel beseitigt, und liefert Resultate in Sekunden, die sonst, wenn überhaupt erreichbar, doch nur in Stunden oder Tagen zu erhalten waren.

Anhang zum ersten Abschnitt.

§. 18.

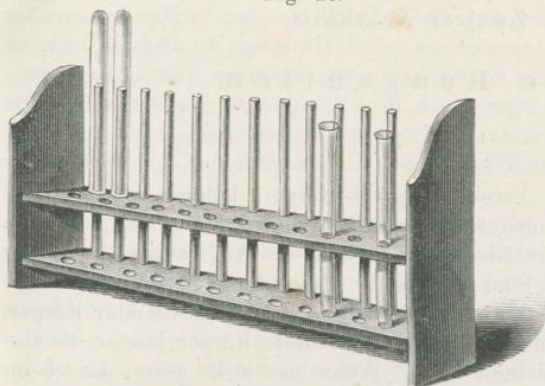
Apparate und Geräthschaften.

Da es Vielen, welche sich mit chemischen Analysen zu beschäftigen anfangen, schwer fallen dürfte, bei der Auswahl der dazu nöthigen Apparate und Geräthschaften sogleich die zweckmässigsten von den minder geeigneten, die nothwendigen von den entbehrlichen zu unterscheiden, so füge ich hier ein Verzeichniss bei, welches die zur Ausführung einfacher Untersuchungen wirklich erforderlichen Apparate in kurzer Zusammenstellung enthält, wobei ich zugleich Gelegenheit nehme, auf Einiges aufmerksam zu machen, was beim Einkauf oder der Anfertigung derselben besonders ins Auge zu fassen ist.

1. Eine Berzelius'sche Weingeistlampe (§. 16, Fig. 14).
2. Eine gläserne Weingeistlampe (§. 16, Fig. 16).
Oder statt beider, wenn Leuchtgas zur Verfügung steht, eine Bunsen'sche Gaslampe, am besten eine solche mit Kranz und Schornstein (§. 16 Fig. 17, 18 und 21).
3. Ein Löthrohr (vergl. §. 15).
4. Ein Platintiegel. Man wähle einen, der etwa $\frac{1}{2}$ Loth Wasser fasst, dessen Deckel die Form eines flachen Schälchens hat und der im Verhältniss zur Breite nicht zu tief ist.
5. Platinblech. Man nimmt es nicht zu dünn, möglichst glatt und blank, von etwa 40^{mm} Länge und 25^{mm} Breite.
6. Platindraht (vergl. S. 24 und 29). Mit 3 stärkeren und 3 feineren Drähten hat man genug. Sie werden zweckmässig in einem Glase mit Wasser aufbewahrt. Man hat sie alsdann immer rein, da die meisten Perlen bei längerer Berührung mit dem Wasser aufweichen und sich lösen.
7. Ein Gestell mit 12 Probecylindern. Diese seien 16 bis 18 Centimeter lang und ein bis zwei Centimeter weit. Alle müssen aus

dünnem weissem Glase gefertigt und so gut abgekühlt sein, dass sie nicht springen, wenn siedendes Wasser hineingegossen wird. Sie

Fig. 26.



müssen ferner einen etwas umgebogenen, ganz runden Rand und keine Schnauze haben, da solche Ausgüsse gar keinen

Nutzen gewähren und ein festes Zustoßen, sowie gründliches Schütteln sehr erschweren. — Eine zweckmässige Form des Gestells zeigt Fig. 26. Die Zapfen der oberen Etage

tragen die ausgespülten Röhrchen. Diese können so gut abtropfen und man hat sie immer hübsch trocken.

8. Einige Bechergläser und kleinere Kochflaschen, ziemlich dünn im Glas und gut abgekühlt.
9. Einige Porzellanschälchen und verschiedene kleine Porzellantiegel. Die aus der königlichen Porzellanfabrik in Berlin lassen, was geeignete Form und Dauerhaftigkeit betrifft, nichts zu wünschen übrig. — Auch die von Meissen sind recht gut.
10. Einige Glasrichter von verschiedener Grösse. Sie müssen in einem Winkel von 60° geneigt sein und nicht allmählich in die Röhre verlaufen, sondern in einem bestimmten Winkel in dieselbe übergehen.
11. Eine Spritzflasche (siehe oben §. 7). Sie halte etwa 300 bis 400 Cubikcentimeter.
12. Einige Glasstäbchen und verschiedene Glasröhren. Letztere werden über der Berzelius'schen Lampe oder über der Gaslampe gebogen, ausgezogen u. s. w., erstere an den Enden rund geschmolzen.
13. Eine Auswahl Uhrgläser.
14. Eine kleine Reibschale von Achat.
15. Eine 4 bis 5 Zoll lange Pincette von Stahl oder Messing.
16. Ein hölzernes Filtrirgestell (§. 5).
17. Ein Dreifuss von dünnem Eisen zum Aufsetzen der Schalen etc., welche man über der kleinen Weingeist- oder Gaslampe erhitzen will.
18. Die §. 17 genannten gefärbten Gläser, namentlich ein blaues und grünes.