

www.e-rara.ch

Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode

Mohr, Friedrich

Braunschweig, 1855-1856

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 19423

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-75879>

Erster Abschnitt.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

Erster Abschnitt.

Die Instrumente.

Erstes Capitel.

Einleitung.

Die Titrimethode oder Maassanalyse, volumetrische Analyse bezweckt, chemische quantitative Analysen, auf leicht erkennbare, durch die Augen wahrnehmbare Erscheinungen gestützt, zu vollenden. Die anzuwendenden Flüssigkeiten haben einen bestimmten vorher festgestellten Gehalt oder Titre, woher der Name, und die angewendeten Mengen werden durch graduirte Glasröhren gemessen. Die Titrimethode erlaubt, viele Analysen in weit kürzerer Zeit und mit weit geringerer Mühe als nach der üblichen Gewichtsmethode zu vollenden, in den meisten Fällen auch mit einer weit grösseren Schärfe und Uebereinstimmung. Durch die Abkürzung der Zeit und der Operationen sind die Analysen viel weniger Zufälligkeiten und Unfällen unterworfen, welche nicht selten am Ende einer mühsamen Arbeit sich ereignen und die Resultate vieler Tage Arbeit vernichten. Von dem Range einer rein technischen Operation, mittelst deren die Güte der Pottasche und Soda ermittelt werden sollte, hat sie sich durch verbesserte Instrumente und Verfahrensarten zur Bestimmung von Atomgewichten und der specifischen Gewichte von Gasarten erhoben. Indem sie die Anzahl der Mitarbeiter im chemischen Felde und in ihren Händen den Umfang und die Zuverlässigkeit der Resultate vermehrt, verspricht sie der Chemie im Allgemeinen das zu leisten, was der berühmte Liebig'sche Kaliapparat der organischen Chemie, und dadurch der Agricultur und Physiologie geleistet hat. Die Titrimethode ist noch in ihrer vollsten Entwicklung. Jeder Tag bringt neue Bereicherungen, und jede neue gute Methode ist ein neuer Sinn, womit man chemisch wahrnehmen kann.

Titriren ist eigentlich ein Wägen ohne Wage, und dennoch sind alle Resultate nach dem Sinne des Ausspruchs der Wage verständlich. In letzter Instanz bezieht sich Alles auf eine Wägung. Man macht je-

doch nur eine Wägung, wo man sonst viele zu machen hatte. Die Genauigkeit der einen Normalwägung ist in jedem mit der so bereiteten Flüssigkeit gemachten Versuche wiederholt. Mit einem Litre Probesäure kann man mehrere hundert Analysen machen. Die Darstellung von zwei und mehr Litre Probeflüssigkeit erfordert aber nicht mehr Zeit und nicht mehr Wägungen als die von einem Litre. Man wägt also, wenn man Zeit und Musse hat, im Voraus, und gebraucht die Wägungen, wenn man arbeitet.

Die Entscheidung über die Vollendung einer Operation wird auf sichtbare Erscheinungen gestützt. Es ist entweder die Veränderung einer Farbe, wie bei der Alkalimetrie, das Entstehen eines Niederschlags, wie bei der Cyanbestimmung, das Aufhören der Bildung eines Niederschlags, wie bei der Silber- und Chlorbestimmung, das Eintreten einer Farbe, wie beim Chamäleon minerale, der Jodbestimmung und ähnliche. Diese Kriterien sind nicht alle gleich an Werth, und um so besser, je weniger sie eine Unsicherheit lassen und je stärker die Erscheinung bei einer kleinen Menge zugesetzter Flüssigkeit eintritt. Das Aufsuchen neuer brauchbarer Erscheinungen ist eine Aufgabe der mit diesen Arbeiten beschäftigten Chemiker.

Bei jeder Arbeit aber werden gewisse Werkzeuge gebraucht, mittelst derer man die titrirte Flüssigkeit in die zu untersuchende bringt. Da man hierbei immer eine Zersetzung bis an ihre Grenze führt, und nicht, wie in der gewöhnlichen Analyse, mit Ueberschüssen des Fällungsmittels arbeitet, so müssen diese Werkzeuge ein sehr bestimmtes tropfenweises Ausgiessen gestatten. Die verschiedenen dazu benutzten Instrumente werden im folgenden Capitel behandelt werden.

Zweites Capitel.

Die Bürette.

Von den verschiedenen in Anwendung gebrachten Büretten scheint mir die von mir angegebene Quetschhahn-Bürette die meisten Vortheile zu vereinigen. Ein längeres Arbeiten mit diesem Instrumente und ein absichtliches öfteres Uebergehen zu anderen bekannten Formen hat diese Ansicht nur bestätigt. Es hat sich diese Bürette auch des Beifalls von Liebig, Wöhler und vielen anderen in diesen Arbeiten geübten Chemikern zu erfreuen gehabt. In Fig. 1 ist das untere Ende der Bürette mit der Klemmvorrichtung in natürlicher Grösse abgebildet, in Fig. 2 erscheint die ganze Vorrichtung in einer einfachen Aufstellung.

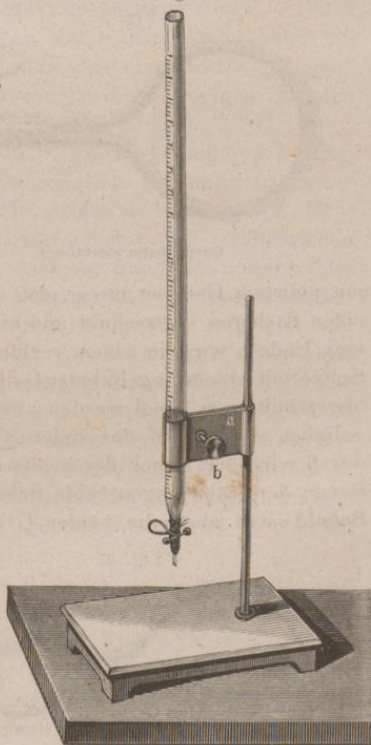
Auf einer Platte von Holz, oder noch besser aus Porzellan oder glasirtem Fayence, um die Farbenveränderungen gegen die weisse Unterlage besser sehen zu können, steht eine eiserne polirte Stange, von unten mit einer Mutter angeschraubt, welche die Bürette trägt. An das

Fig. 1.

Unteres Ende von Mohr's Quetschhahnbürette
in natürlicher Grösse.

obere Ende der Stange ist die federnde Messingplatte *a* angelöthet oder durch eine Stellschraube befestigt. Diese Platte ragt mit zwei hart geschlagenen elastischen Schenkeln über die Mitte des kleinen Tisches und hat an ihrem vorderen Ende eine cylinderförmige, klaffende Erweiterung. Eine messingene Stellschraube *b* zieht diese beiden Schenkel so zusammen, dass die Glasröhre in jeder Lage schweben bleibt und sich nach der Höhe des untergesetzten Gefässes höher und niedriger stellen lässt. In dieser höchst

Fig. 2.

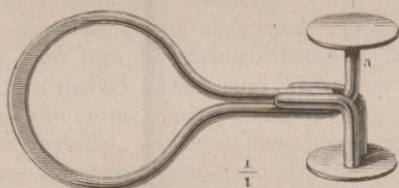


Mohr's Quetschhahnbürette.

einfachen Vorrichtung hat die Bürette ihren Stand. Die auf die Röhre selbst angebrachte Theilung in ganze, halbe, fünftel oder zehntel Cubikcentimeter, welche im Verlauf mit CC. bezeichnet werden sollen, wird an die vordere Seite des Gestelles gerichtet, wo sie zwischen der Spalte der Messingschenkel *a* hindurchgeht und auf ihrer ganzen Höhe sichtbar ist. An das untere etwas ausgezogene Ende der Bürette ist eine vulcanisirte Kautschukröhre fest angebunden, und in ihr unteres Ende ein kleines ausgezogenes Glasröhrchen fest eingesteckt. Der mittlere Theil dieser kleinen, etwa 25^{mm} langen Kautschukröhre wird mit dem Quetschhahn geschlossen.

Diese kleine Vorrichtung ist in der vorgebrachten Gestalt wesentlich neu. Sie hat sich durch längeren Gebrauch als vollkommen zuverlässig, niemals versagend herausgestellt. Sie wetteifert mit dem besten gläsernen Hahn in wasser- und luftdichtem Schluss, und kostet etwa nur den zwanzigsten Theil davon. Der Quetschhahn wird aus hart gezogenem runden Messingdraht dargestellt. Der dazu angewendete Draht ist 2 $\frac{1}{2}$ bis 3 Millimeter dick.

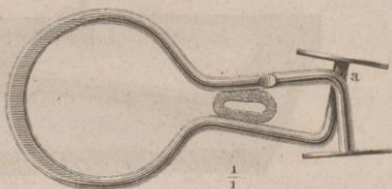
Fig. 3.



Quetschhahn geschlossen.

mit polirtem Hammer etwas platt geschlagen, um ihm in dieser Richtung einen flacheren Querschnitt und eine grössere Elasticität zu geben. Das eine Ende *a* wird in einem rechten Winkel umbogen und an seiner Spitze mit einem angelötheten Griffplättchen versehen. Auf den anderen abgeschnittenen Theil werden zwei kleine Winkel desselben Drahtes aufgelöthet, welche auf das andere Griffplättchen gelöthet werden. Hierdurch wird der Druck der beiden Drahtschenkel ganz central. Im Zustande der Ruhe liegen beide Schenkel dicht auf einander, wie in Fig. 3. Sobald man aber die beiden Griffplättchen drückt, so öffnen sich die

Fig. 4.



Quetschhahn geöffnet.

Es wird zunächst der Draht, der in Fig. 3 in natürlicher Grösse dargestellt ist, in einen 20 — 22 Millimeter weiten Kreis zusammengebogen, und die Enden in der Richtung des Halbmessers neben einander fortgeführt. Dieser Bogen wird auf einem glatten Amboss

Schenkel, und die dazwischen geklemmte Kautschukröhre gestattet Durchfluss.

In Fig. 4 ist der Quetschhahn im Augenblick der Wirkung mit der dazwischen liegenden geöffneten elastischen Röhre im Durchschnitt dargestellt. Lässt man den

Griff nach, so schliesst er sich durch seine Elasticität von selbst, und man hat niemals zu befürchten, dass die Röhre, wenn man sie nicht gebraucht, auch nur einen Tropfen Flüssigkeit ausrinnen lasse. Dies ist ein wesentlicher Vorzug gegen den gläsernen Hahn, welcher halbverschlossen zurückbleiben, oder mit aus dem Lager gehobener Lillie (Kern des Hahnes) undicht einsitzen kann. Ich habe niemals einen einzigen Tropfen aus einem Quetschhahn nachrinnen gesehen. Die gläsernen Hähne zeigten mir immer entweder ein beständiges Rinnen, oder ein Effloresciren der Salze um den ganzen Hahn. Ich hatte sehr gute Hähne mit dichtem Schlusse zum Gebrauche. Blieben sie aber mit einer daraufliegenden Säule einer Lösung eines krystallisirbaren Körpers, wie Klee säure oder Aetznatron bei Kohlensäure-Aufnahme, längere Zeit stehen, so krystallisirte das Salz in den ringförmigen Räumen, womit sich Wand und Kern des Hahns berühren. Es hob sich dann der Kern etwas aus seinem Lager und nun fing der Hahn wirklich an zu tropfen. Ich musste deshalb immer die Röhren in den Zwischenräumen des Gebrauchs ausleeren. Bei der Röhre mit Quetschhahn lasse ich meistens die gefüllten Apparate von einem Gebrauche zum anderen stehen. Dabei krystallisirt nur der in dem Glasröhrchen unter dem Quetschhahn befindliche Theil der Flüssigkeit. Indem man aber einmal kräftig fließen lässt, entfernt man vor einem neuen Versuche diese wenigen Tropfen einer stärkeren Flüssigkeit.

Die Quetschhahnbürette kann, statt in einem besonderen Stative, auch in jedem Retortenhalter, deren in chemischen Laboratorien immer vorhanden sind, aufgestellt werden. Man richtet sie senkrecht, die Graduierung der Röhre vorn gegen die Person gekehrt, die Griffplättchen rechter Hand stehend, in solcher Höhe, dass der Rand des untergesetzten Glases beim Wegziehen nicht mehr daranstreift, dagegen einen anhängenden Tropfen mitnehmen muss. Beim Gebrauche füllt man die Bürette, in ihrem Stative sitzend, bis über die 0-Marke mit Flüssigkeit an, öffnet dann den Quetschhahn durch einen kräftigen Griff, damit alle Luft herausgetrieben werde und die Röhre sich ganz anfülle. Nun lässt man langsam die Flüssigkeit sinken, bis der untere Rand des concaven Bogens genau den Nullstrich berührt. Die Quetschhahnbürette kann ausser zum übermangansaurigen Kali zu allen Flüssigkeiten verwendet werden.

Zu den Vorzügen der stehenden Quetschhahnbürette rechne ich nun die folgenden:

- 1) Sie lässt sich leicht bis an die 0-Marke anfüllen, indem man diese Stelle dem Auge gerade gegenüber beobachtet, und nun leise den Hahn drückt. Wenn der tiefste Theil des Flüssigkeitsspiegels den Nullstrich eben erreicht, tangirt, so lässt man den Griff los. Die Flüssigkeit bleibt dann tagelang unverändert stehen. Das erste Anfüllen macht bei Giessbüretten dadurch eine Schwierigkeit, weil man im Augenblick des Giessens nicht beobachten kann. Man muss also mehrere Versuche machen, oder die Bürette stehend mit einer Pipette füllen.

2) Man kann jede kleinste Menge, halbe und viertel Tropfen herauslassen, ganz nach dem Bedürfniss der Erscheinung. Bei der Giessbürette fließen immer ganze und ziemlich grosse Tropfen. Da man damit unter einem Tropfen nicht zugeben kann, so ist eine Eintheilung in zehntel CC. ganz unnütz. Durch Abstreichen kann man aus unserer Bürette sehr kleine Mengen von Flüssigkeit wegnehmen.

3) Die Flüssigkeit wird nicht durch die Hände erwärmt, weil man die Röhre nicht anfasst.

4) Bei einer Wiederholung des Versuches kann man gleich bis nahe an die Grenze des ersten Versuches gehen und nun die letzten Tropfen mit ungetheilter Aufmerksamkeit zugeben. Im letzten Augenblicke kann man den Versuch ganz allein im Auge behalten, und hat nicht darauf zu achten, dass die Bürette zurücklaufe oder einen Tropfen nebenbei verschütte.

5) Das Ausfliessenlassen eines Tropfens ist in allen Höhen der Füllung gleich leicht und sicher. Bei der Handbürette ist aber das Anfliessenlassen der Flüssigkeit sehr schwer, wenn sie unter die Hälfte geleert ist. Während man die Oeffnung der Röhre beachtet, dass nicht zu viele Tropfen kommen, verliert man den Versuch aus den Augen, und bleibt nicht selten darüber unsicher, was der letzte Tropfen gewirkt hat.

6) Die neue Bürette ist fast unzerbrechlich, da sie immer in ihrem Stative steht. Die Handbüretten, welche nicht allein frei stehen können, werden in leere Gläser, in Fensterecken, an Bücher angelehnt, wodurch sie häufig einen frühzeitigen Untergang finden.

7) Die Quetschhahnbürette kann in Höhen angewendet werden, welche eine Führung in der Hand nicht mehr gestatten. Dadurch kann mancher Versuch in einem Zuge vollendet werden, der sonst ein mehrmaliges Füllen der Bürette verlangt.

8) Sie ist nach Beendigung des Versuches gleich zum Ablesen bereit. Die Handbürette muss erst aufgerichtet und ablaufen gelassen werden, bis sie ihr Niveau nicht mehr verändert. Dies dauert aber bei fast leerer Bürette ziemlich lange.

Alle diese Eigenschaften geben der Quetschhahnbürette einen unterschiedenen Vorzug in der Schnelligkeit und Sicherheit des Arbeitens. Die Schliessvorrichtung ist dieselbe bei den kleinsten, engsten und weitesten, längsten Röhren. Ich habe diese Instrumente in den verschiedensten Dimensionen ausgeführt und alle gleich bequem gefunden. Der Unterschied der Anwendung lag nur in der Menge von Flüssigkeit, welche ich gebrauchte, weshalb bei kleineren Mengen dünnere, feiner getheilte Röhren, bei grösseren dickere und weiter getheilte Röhren verwendet wurden.

Ich will nur einige Beispiele anführen:

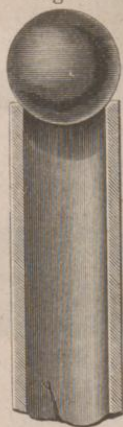
- 1) 680^{mm} lang, 14^{mm} innerer Durchmesser, hält 104 CC. in Fünftel getheilt. 1 CC. ist 6,5^{mm} lang. Bequem zu grösseren alkalimetrischen Versuchen

- 2) 500^{mm} lang, 12^{mm} innerer Durchmesser, hält 55 CC. in Zehntel getheilt, 1 CC. ist 8,84^{mm} lang. Zu allen sehr feinen Analysen von größerem Umfange.
- 3) 400^{mm} lang, 8,75^{mm} innerer Durchmesser, hält 19,5 CC. in Zehntel getheilt. 1 CC. ist 18,7^{mm} lang. Zu sehr minutiösen Analysen von kleinerem Umfange. Jedes Zehntel CC. hat eine Länge von 1,87, also beinahe 2^{mm}, und lässt sich noch leicht zur Hälfte ablesen.
- 4) Normalbürette für die meisten Fälle 500^{mm} lang, 13,5^{mm} innerer Durchmesser, hält 60 CC. in Fünftel getheilt. 1 CC. ist 7^{mm} lang.

Bei mehrfachen Beschäftigungen mit diesen Arbeiten wird man finden, dass es sehr bequem ist, für besondere Flüssigkeiten auch eigene Büretten ausschliesslich anwenden zu können. Man erspart die Mühe des öfteren Reinigens. Insbesondere soll man wenigstens 2 Normalbüretten von den Dimensionen der Nro. 4 besitzen, und dann noch eine ganz fein getheilte von Nro. 3.

Um das Auswittern der Salze an der Kautschukröhre zu verhindern, erwärme ich das Ende der Röhre und bestreiche es mit Talg, welcher alsbald schmilzt. Ich schiebe nun die Kautschukröhre darüber und binde sie mit Leinenzwirn sogleich fest, dann erwärme ich sie noch einmal von aussen, bis zum Schmelzen des Talges, und lasse erkalten. Wenn die Bürette von einem Versuche zum anderen mit Probeflüssigkeit gefüllt stehen bleiben soll, so muss man sie von oben verschliessen, um Verdunstung zu verhüten. Dazu kann man natürlich jeden guten Kork gebrauchen. Da jedoch die Korke nicht auf verschiedene Röhren passen und wegen ihrer Capillarität nicht verwechselt werden dürfen, dieselben auch zum Aufsetzen und Abnehmen zweier Hände bedürfen, die eine, um die Röhre festzuhalten, so habe ich es für sehr bequem gefunden, die Büretten mit steinernen Kugeln, Klickern, deren sich die Kinder zum

Fig. 5.



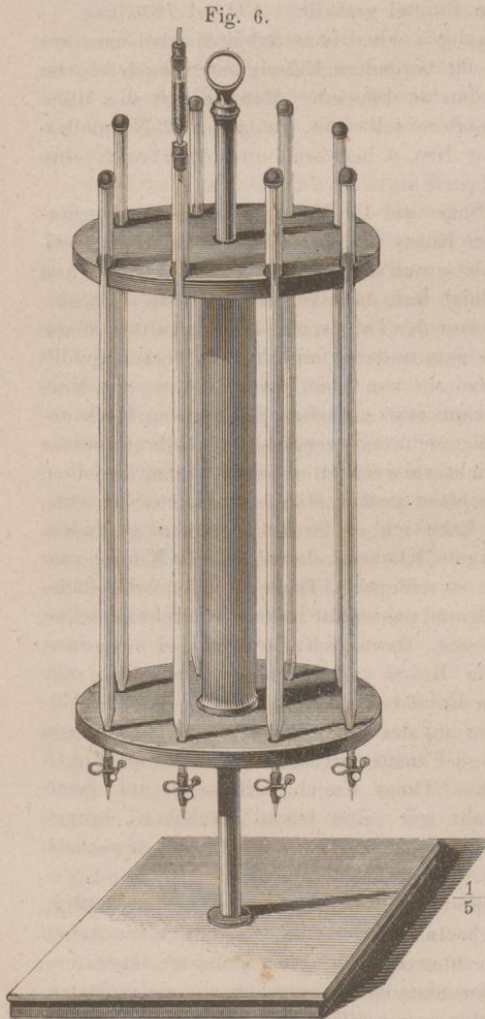
Schluss der Röhre mit Steinkugel.

Spiele bedienen, zu schliessen. Diese sind von vollkommener Kugelgestalt und passen auf Röhren von sehr verschiedenem Durchmesser. Damit sich aber die Kugel mit gutem Schlusse auf die Röhre auflege, muss diese einen sehr geraden glatten Rand haben. Ich habe an meine Büretten auf einem auf der Drehbank laufenden Kegel von Blei eine schräge Facette angeschliffen, wie dies Fig. 5 zu ersehen ist. Diese Kugeln schliessen auf facetirte Röhren sehr gut, sind leicht abzuheben, saugen keine Flüssigkeit ein und können beliebig gewechselt werden.

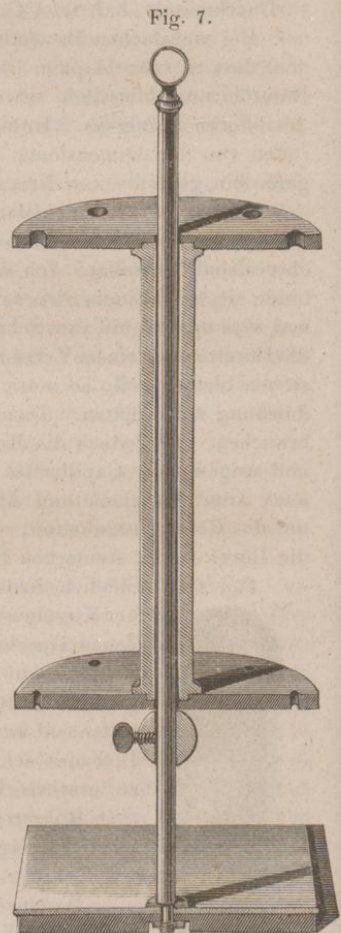
Wenn man sich viel mit Maassanalysen beschäftigt, so ist das Wechseln der Büretten, um von einer Arbeit auf eine andere überzugehen, eine mühsame Operation, die das Ausschwenken der Bürette, wenn sie nicht trocken ist, mit der neuen Flüssigkeit nothwendig macht. Man kommt dadurch von selbst zur Anwendung mehrerer

Büretten, die immer für eine Flüssigkeit bestimmt bleiben. Das Aufstellen so vieler Stative ist dann aber hinderlich und raubt nutzlos einen brauchbaren Raum. Ich habe deshalb eine Anzahl von Büretten in einem Stative vereinigt, worin sie sich sämtlich um eine Achse drehen lassen.

Eine solche Etagere ist in Fig. 6 abgebildet. Auf einem starken Brette von Nussbaumholz, 290—300mm ins Gevierte, welches sehr zweckmässig mit Porzellan belegt ist, wird in der Mitte eine starke runde



Büretten-Etagere.



Dieselbe im senkrechten Schnitt.

eiserne oder messingene Stange solid befestigt, nämlich mit angedrehtem Ansatz, Unterlagscheibe und von unten mit einer Schraubenmutter angezogen.

Auf dieser Stange gleitet eine Vorrichtung, welche aus zwei horizontalen kreisrunden hölzernen Scheiben, die durch ein hölzernes Rohr verbunden sind, besteht. Das Rohr ist weiter durchbohrt, als die eiserne Stange ist, damit durch Werfen keine Klemmungen entstehen; nur die Endscheiben haben genau auf die Stange passende Oeffnungen, wodurch sich die Vorrichtung leicht, jedoch ohne zu schlottern, um den centralen Stand drehen lässt. Alle diese Details erhellen aus Fig. 7, sowie auch die bewegliche und durch eine Stellschraube arretirbare Kugel, welche das Gerüste höher und tiefer zu stellen erlaubt, je nach der Höhe der unterzustellenden Gefässe.

Die Büretten sind durch nahe an den Rand der beiden Scheiben gebohrte passende Löcher durchgesteckt und jene in der oberen Scheibe aufgesägt, um die Theilung der Röhre überall sehen zu können. Der freie Raum der beiden Scheiben wird zum Daraufliegen nöthiger Kleinigkeiten, eines Trichters zum Eingiessen (oben), eines Stückchens Talg, Ablesepapiers, Bleistifts und dergl. benutzt. Stellt man dies Gestell an den Rand des Arbeitstisches, so kann man, ohne seinen Platz zu wechseln, alle Büretten zur Anwendung bringen, indem man die Scheiben so lange dreht, bis die rechte Bürette vorn steht. Da man zu den meisten Arbeiten zwei Flüssigkeiten, also auch zwei Büretten gebraucht, wie z. B. Kleesäure und Aetznatron, Zinnchlorür und chromsaures Kali, arsenigsaures Natron und Jodlösung, so bringt man die zusammengehörenden Flüssigkeiten in zwei neben einander stehende Büretten. In jedem Falle muss man aber die Büretten durch angesteckte Etiquetten genau bezeichnen, ohne welches eine heillose Verwirrung entstehen kann.

Beim Gebrauche beginnt man damit die Büretten bis an die 0-Marke zu füllen. Dies geschieht, indem man sie bis über die Marke anfüllt und bis 0 ablaufen lässt, weil nur auf diese Weise die Oberfläche der Flüssigkeit dieselbe Gestalt annimmt, die sie nach Beendigung der Arbeit hat. Das Ablesen findet dann unter ganz gleichen Verhältnissen Statt. Die zuviel eingelassene Flüssigkeit lässt man in die Flasche zurücklaufen, wobei man diese in der linken Hand seitlich am Tische gegen die Ausflussöffnung neigt, und mit der rechten Hand den Quetschhahn etwas nach vorn herüberführt. Das Auge ist der Theilung gegenüber, während die Hände unbeobachtet bleiben. Sobald der Flüssigkeitsmeniscus den 0-Punkt erreicht hat, setzt man sich an den Tisch und beginnt die Arbeit. Ist die erste Flüssigkeit abgemacht, so führt man das Gestell herum, bis die andere Bürette ankommt, und vollendet die Arbeit.

Es soll eine Regel sein, Alles sogleich aufzuschreiben, und zwar mit so vielen Worten, als nachher zum Verständniss der Operation nöthig ist, zu wissen. Will man die Bürette nicht frisch füllen, so muss man

ihren Stand genau notiren, wobei es zweckmässig ist, sie auf den nächsten ganzen Cubikcentimeter ablaufen zu lassen. Man notirt also beispielsweise: Normalkleesäure steht 22 CC.

Beim Eingiessen der Probeflüssigkeiten ist es wichtig, keine Blasen und Schaum zu veranlassen, was namentlich bei alkalischen Flüssigkeiten und Chamäleon leicht geschieht. Man vermeidet dies, indem man an kleinen selbstgeblasenen Trichtern die untere Ausflussöffnung seitlich biegt, wodurch die Flüssigkeit an der Röhre hinabrinnt und ohne Blasen ankommt.

Ich habe nun noch Einiges über das Ablesen zu sagen. Dasselbe geschieht immer unter denselben Verhältnissen, d. h. bei dem ersten Einstellen auf 0 und bei dem Ablesen nach dem Versuche in ganz gleicher Weise. Bekanntlich steigt die Flüssigkeit in Gefässen, deren Wände davon benetzt werden, durch Anziehung an diese Wände seitlich in die Höhe. Da nun die hier anzuwendenden Röhren immer enge sind, so erstreckt sich der Einfluss dieser Anziehung über die ganze Oberfläche der Flüssigkeit, und kein Theil derselben stellt eine gerade Ebene vor, sondern die ganze Fläche bildet eine nach unten gebogene concave Fläche. Von dieser Fläche kann man nur mit Bestimmtheit den untersten Punkt messen. Es spiegelt sich aber die obere Fläche je nach der Natur der umgebenden Gegenstände und des einfallenden Lichtes sehr mannigfaltig, so dass man sich in jedem Zimmer eine Stellung des Apparates und seiner Person aussuchen muss, in welcher das Ablesen mit der grössten Schärfe geschieht. Es werden deshalb auch Abbildungen der Erscheinung nicht an jedem Orte richtig erscheinen.

Betrachtet man eine mit Wasser zum Theil gefüllte, äusserlich etwa 17^{mm} weite Glasröhre an der Stelle, wo das Wasser endigt, so erscheint sie etwa wie Fig. 8. Es erscheinen zwei concave Linien, welche durch Sehnen oben geschlossen sind. Alles ist ziemlich trüb und undeutlich. Betrachtet man dieselbe Röhre gegen eine hell beleuchtete Wand, so erscheint sie wie in Fig. 9. Die beiden concaven Linien schliessen einen

Fig. 8.

 $\frac{1}{1}$

Ablesen gegen Dunkel.

Fig. 9.

 $\frac{1}{1}$

Ablesen gegen Hell.

Fig. 10.

 $\frac{1}{1}$

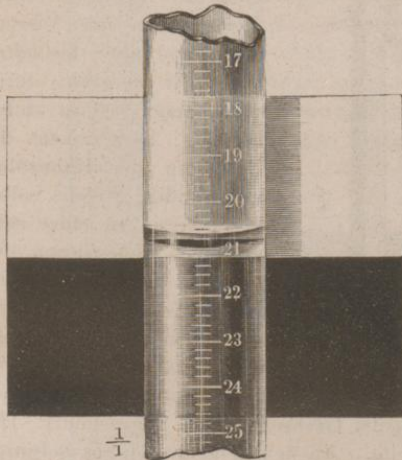
Ablesen gegen nahes Papier.

dunklen Raum ein, der oben mit einer lichten Sehne gedeckt ist. Die dunklen Objecte hinter dem Glase spiegeln sich in dem leeren Theile der Röhre auf dem entgegengesetzten Theile besser als in dem mit Wasser gefüllten. Der tiefste Punkt des Spiegels erscheint dunkel gegen hell; da man aber nicht überall eine hell beleuchtete Wand vor sich haben kann, so ist es zweckmässig, sich davon unabhängig zu machen. Hält man ein weisses Blatt Papier in guter Beleuchtung hinter eine halbgefüllte Glasröhre, so erscheint sie wie in Fig. 10. Die mit der Sehne gedeckten Bogen erscheinen weiss, und das Band dazwischen dunkel.

Klebt man dagegen ein Stück schwarzes Glanzpapier auf ein anderes Stück recht weisses Zeichenpapier, und führt die Berührungsgrenze von Schwarz und Weiss, das Schwarze unten, bis gegen 2 oder 3^{mm} Entfernung von dem untersten Punkte der Oberfläche, so spiegelt sich diese Oberfläche kohlschwarz gegen den weissen Hintergrund und man hat das schärfste Ablesen (Fig. 11). Hält man das

schwarze Papier oben, und die Grenze an dieselbe Stelle, so erscheint die Oberfläche weiss gegen den schwarzen Hintergrund. Die erste Ablesungsart ist jedoch bequemer und schärfer. Man hält sich einige so zubereitete Papierblätter zur Hand, um immer damit abzulesen, oder man streift das Papier mit zwei Scheerenschnitten über die Röhre, wo es in jeder Lage stehen bleibt. Die dadurch erlangte Schärfe lässt nichts zu wünschen übrig. Sie geht weiter als die Erkennung der Reaction, und leistet deshalb Alles, was man von der Methode verlangen kann.

Fig. 11.



Ablesen mit Reflex.

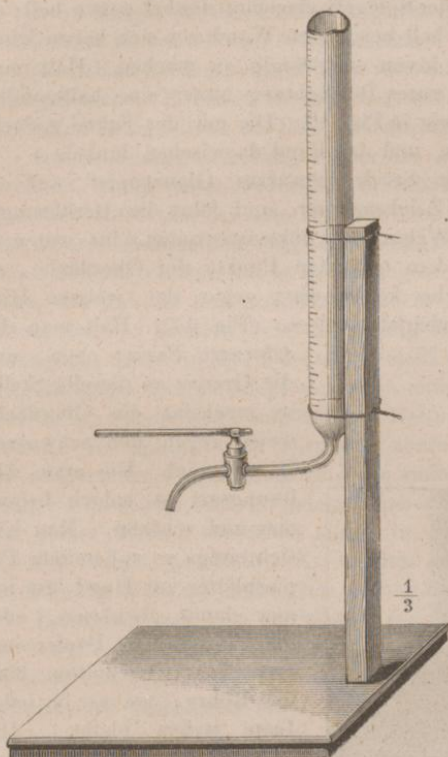
Das hier vom Ablesen Gesagte gilt von allen Arten Büretten und • Pipetten.

Es sind nun noch der Vollständigkeit wegen, und weil noch sehr viel damit gearbeitet wird, die anderen Arten von Büretten zu beschreiben.

Der Art nach schliesst sich zunächst an die eben beschriebene Bürette die Hahnbürette an, Fig. 12 (a. f. S.).

Sie besteht aus einem graduirten Glasrohr, welches unten verengt ist und woran nach Anleitung der Zeichnung ein gläserner Hahn, der

in einer dünneren Glasröhre sitzt, mit dieser angeschmolzen ist. Diese Hähne sind sehr schwer zu machen. Es muss die Hülse des Hahns aus einem Stücke einer Glasröhre bestehen, woran die beiden Röhren angeschmolzen sind. Die Löcher in der Hülse des Hahns werden erst nachher mit Stahl und Terpentinöl nachgebohrt. Die aus einer bloss gestauchten und dadurch angeschwellten Röhre gearbeiteten Hähne schliessen meistens sehr schlecht. Der Hahn muss senkrecht in seiner Hülse sitzen, da man ihn nicht wie einen Messinghahn mit Viereck und Schraube festhalten kann. Er muss also durch seine Lage selbst sicher halten. Dies macht die Kröpfung der Hahnröhre nothwendig, welche selbst nun wieder zu einer sehr einfachen Befestigung des Ganzen die Hand reicht. Die Röhre ist mit zwei ausgeglühten dünnen Rothkupferdrähten an eine hölzerne Stange, die auf einer



Bürette mit Glashahn.

Tischplatte sitzt, durch Umdrehen der Drahtenden fest angeschnürt. Die Theilung ist auf der vorderen Seite. An den Kopf des Hahns befestige ich ein langes Stückchen Rohr (*Arundo*), womit ich ihm die kleinsten Bewegungen gebe. Mit dieser Vorrichtung erlaubt die Hahnbürette, auch die kleinsten Theile eines Tropfens wegzunehmen, sie schliesst auch nicht den Gebrauch des Chamäleons aus. Dagegen hat sie den Nachtheil, dass sie im Allgemeinen zu theuer ist, indem ein guter Hahn allein fast soviel wie eine ganze Quetschhahnbürette kostet. Ferner ist der Hahn viel zerbrechlicher und vor Allem niemals so dicht schliessend.

Man kann auch den Hahn mittelst eines Korkes in die unten weit gelassene Röhre befestigen, in welchem Falle ebenfalls Chamäleon ausgeschlossen ist.

Die bis jetzt besprochenen Büretten sind sogenannte Stehbüretten, oder Ausflussbüretten (*burettes à l'écoulement*) und leiten aus ihrer unver-

änderlichen Lage und aus dem Umstande, dass sie nicht durch Hände erwärmt werden, ihre wesentlichsten Vorzüge ab.

Gay-Lussac's Bürette.

Das verbreitetste Instrument, welches zu Titrioperationen gebraucht wurde und noch gebraucht wird, ist Gay-Lussac's Bürette, in der ursprünglichen, von ihrem berühmten Erfinder herrührenden Gestalt. Sie ist in Fig. 13 in ihrer halben natürlichen Grösse abgebildet. Sie besteht aus einer weiteren graduirten Röhre und einer

Fig. 13.



Gay-Lussac's Bürette.

engeren am Boden damit vereinigten dünneren Ausgussröhre. Der Anfangspunkt der Zahlen liegt noch tiefer als die Ausgussöffnung der engen Röhre. Die Flüssigkeit stellt sich in dem engen Rohre immer höher als in dem weiten durch die Wirkung der Capillarität. Es wird darauf nicht geachtet, und nur im weiten Rohre abgelesen, weil in demselben Sinne die Graduierung gemacht ist. Oben schiebt man vorsichtig zwischen die enge und weite Röhre ein passend ausgeschnittenes Stückchen Korkholz, um die Wirkung des Druckes der Hand auf die mit einem langen Hebelarme wirkende engere Röhre aufzuheben. Zweckmässig thut man das auch in der Mitte, wo der Daumen die engere Röhre drückt, wenn sie nicht auf der ganzen Länge dicht anliegt, was auch häufig geschieht. Die Bürette wird bis an den Nullstrich mit der Probeflüssigkeit gefüllt, was die erste Schwierigkeit ist. Man hält die Bürette in der linken Hand, und giesst aus der in der rechten Hand gehaltenen Flasche hinein. Durch mehrmaliges Ausgiessen und Wiedereingiessen entfernt man das Zuviel und giebt das Zuwenig zu, bis das Einstehen stattfindet. Mit einer kleinen Hülfspipette kommt man schneller zum Ziele, hat aber noch ein zweites Gefäss beschmutzt. Vielleicht ist es das Kürzeste, die Flüssigkeit aus einer genügend weiten Pipette zu füllen. Da diese Büretten meist nur 22—25 CC. fassen, und auch nicht wohl mehr fassen können, wenn sie nicht zu dick werden und die Striche zu dicht kommen sollen, oder wenn sie nicht zu lang und dadurch unhandlich werden

sollen, so ist das mehrmalige Wiederholen des Vollfüllens bei derselben Operation eine Mühe, für welche man kein Aequivalent hat. Man fasst nun die strichvolle Bürette in die rechte Hand in der Mitte ihrer Länge und neigt sie gegen das Glas, worin die zu prüfende Substanz ist. Man

sieht nun bald die Flüssigkeit in dem engen Rohre wegen der Capillarität der engen Röhre höher steigen, den Gipfel der Ausgussröhre übersteigen und mit Beschleunigung in die Spitze eilen und ausfliessen. Die ersten Tropfen fallen meist rasch hinter einander. Indem man mit der linken Hand das Glas schwenkt, fährt man fort, mit der rechten Hand die Bürette zu neigen und Tropfen einfliessen zu lassen. Ein nicht zu vermeidender Uebelstand ist es, dass man die Flüssigkeit und die Bürette nicht gut zugleich beobachten kann. Während man die Flüssigkeit scharf beachtet, kann die Bürette zurückfliessen oder ein Tropfen verschüttet werden. Fliessen die Tropfen zurück und man ist bereits nahe an die Grenze der Zersetzung vorgeschritten, so erfordert das Anlaufenlassen

Fig. 14.



Gay-Lussac's Bürette mit Fuss und Blaserohr.

die grösste Vorsicht und Uebung, dass nicht unvorgesehenerweise zwei oder drei Tropfen zugleich einlaufen, ehe man Zeit gehabt hat, die Wirkung zu beobachten. In diesem Stadium verunglücken Analysen oder lassen das Gefühl einer Unsicherheit zurück. Das Anlaufenlassen ist um so schwieriger, je weiter die Bürette bereits ausgeleert ist. Nicht selten geschieht es, dass in der Spitze der Giessröhre ein Tropfen sitzt, welcher das Ausfliessen ganz verhindert. Gewöhnlich sucht man ihn in die Röhre hineinzublasen, indem man die Bürette so hält, dass die Ausflussöffnung oben ist. Dabei gehen meistens Spritzen des Tropfens verloren.

Um diese Schwierigkeiten zu beseitigen und zugleich der Bürette, die sonst in Ecken und Glascylindern gefährlich steht, einen festen Stand zu geben, habe ich das obere Ende mit einer Blaseröhre und das untere mit einem hölzernen Fuss versehen (Fig. 14). Es hat das Instrument dadurch bedeutend an Brauchbarkeit gewonnen.

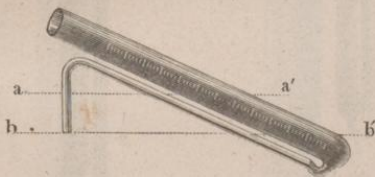
Die in einem gebohrten Kork luftdicht stehende, leicht drehbare Blaseröhre, welche mit der Ausgussröhre in Bezug auf die Achse des Instruments gewöhnlich einen rechten Winkel bildet, hat eine Länge von 250^{mm}. Man kann sie während des Versuchs bequem im Munde halten, und das Auslaufen der Tropfen reguliren, auch durch Blasen einen vollen

Strahl ausfliessen lassen. Durch schwaches Ansaugen bringt man den in der Ausflussspitze hängenden Tropfen, welcher die Beweglichkeit der Säule in der engen Röhre hindert, zurück in diese Röhre, wodurch die Mündung frei wird, und das Anlaufenlassen hat nicht mehr die geringste Schwierigkeit, selbst wenn die Bürette schon weit entleert ist. Nebenbei ist die in der Bürette befindliche Flüssigkeit gegen Verdunstung und Staub geschützt.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Arbeit hat die Länge des frei herabgehenden Theiles der Giessröhre. Je kürzer derselbe ist, desto mehr muss man die ganze Röhre neigen, ehe man ihren Inhalt ausgeleert hat, desto grössere Gefahr ist vorhanden, dass man Flüssigkeit aus dem weiten Theile der Röhre verschütte. Je länger dieser Theil ist, desto weniger Gefahr des Verschüttens, allein mit desto grösserer Beschleunigung sinkt die Flüssigkeit beim Anlaufenlassen, indem dieser herabgehende Theil als Heber wirkt.

Wenn in Fig. 15 der Schnabel der Ausgussröhre nur bis a geht, so

Fig. 15.



Tiefe des Ausleerens.

wird sich bei der angenommenen Neigung die Hauptröhre bis a' entleeren; wenn dagegen der Schnabel die Länge bis b hat, so wird sich die Bürette bis b' ausleeren. Lässt man die Bürette anlaufen, so muss man sie viel horizontaler halten, ehe die Flüssigkeit über den Bogen der Giessröhre hinübergelht; dann aber senkt sie sich um so rascher, je länger dieser Schenkel ist, und man muss die Bürette wieder bedeutend aufrichten. Um die Bürette in der ersten Voraussetzung ganz auszuleeren, müsste man sie neigen, wie in Fig. 16, in der zweiten Vor-

aussetzung wie in Fig. 17. Es ist aber entschieden ein Vorzug, wenn man weniger zu neigen hat, weil weniger Gefahr des Verschüttens vorhanden ist. Wollte man dies nicht so ängstlich vermeiden, so hätte man gar keine besondere Giessröhre nothwendig, sondern könnte sich einer einfachen Röhre bedienen, mit welcher jedoch Niemand arbeiten möchte.

Fig. 16.

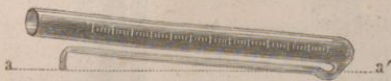


Fig. 17.



Neigung der Büretten beim Entleeren.

aussetzung wie in Fig. 17. Es ist aber entschieden ein Vorzug, wenn man weniger zu neigen hat, weil weniger Gefahr des Verschüttens vorhanden ist. Wollte man dies nicht so ängstlich vermeiden, so hätte man gar keine besondere Giessröhre nothwendig, sondern könnte sich einer einfachen Röhre bedienen, mit welcher jedoch Niemand arbeiten möchte.

Leicht herzustellende Modificationen der Gay-Lussac'schen Bürette mit äusserer Giessröhre sind in Fig. 18 und 19 (a. f. S.) abgebildet.

In Fig. 18 ist die Hauptröhre nur etwas ausgezogen und durch ein Kautschukrohr mit der Giessröhre verbunden. Beide Röhren sind durch weichen Kupferdraht aneinander geschnürt. In Fig. 19 ist die Verbindung durch einen in Wachs getränkten Kork bewerkstelligt.

Fig. 18.

Fig. 19.

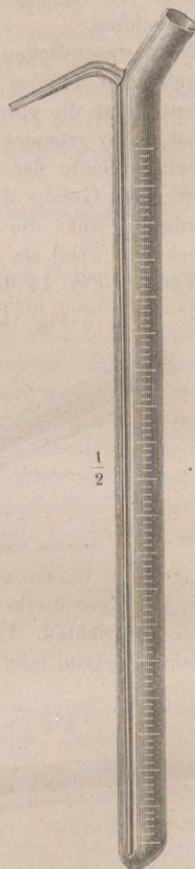
Fig. 20.



Bürette mit Kautschuk.



Bürette mit Kork



Geissler's Bürette.

Die Zerbrechlichkeit der äusseren dünnen Giessröhre hat Geissler in Bonn veranlasst, diese Röhre in die weite hineinzulegen (Fig. 20).

Die Hauptröhre ist verengert und seitlich in einen Hals aufgebogen. An dem Buge zwischen Hals und Röhre geht die Giessröhre durch. Das äussere Stück ist stark von Glas, das in die Röhre hineingebrachte Stück ist sehr dünn von Glas, hat aber dasselbe Lumen wie das äussere Stück. Die Anfertigung dieser Röhren fordert eine sehr geschickte Hand. Die Enge der Giessröhre erlaubt, mit Leichtigkeit aus jeder Lage und bei jeder Füllung der Bürette tropfenweise anzugiessen, allein das Ausgiessen dauert dann etwas lange. Es wird vorgeschlagen, die Hauptmasse der Flüssigkeit aus dem schiefen Halse der Röhre auszugliessen und den Schluss der Arbeit mit Tröpfeln zu machen. Die Giessröhre geht bis nahe auf den Boden in das schief abgestutzte Ende der Bürette. Man kann sehr vollständig ausgiessen; da aber die Theilung nicht bis auf den Boden der Röhre gehen kann, so muss man früher

mit Ausgiessen aufhören, das Verbrauchte notiren und frisch auf Null anfüllen.

Eine noch einfachere Gestalt habe ich der Gay-Lussac'schen Bürette dadurch gegeben, dass ich die Giessröhre ganz getrennt davon lasse und nur eben hineinstelle.

Fig. 21. Die Bürette ist ein unten zugeblasenes möglichst calibrirtes Glasrohr. Zur Giessröhre wähle ich ein ebenfalls möglichst calibrirtes dünnes Glasrohr. Ich habe den äusseren Durchmesser der letzteren 4mm , und den inneren $2,5\text{mm}$ stark genommen. Diese Röhre wird, nachdem das

Fig. 21.

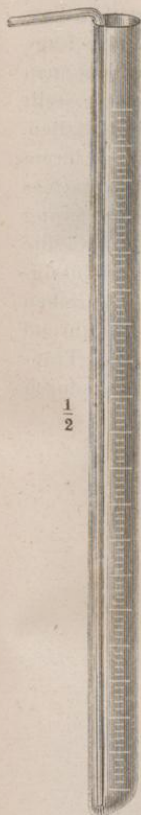
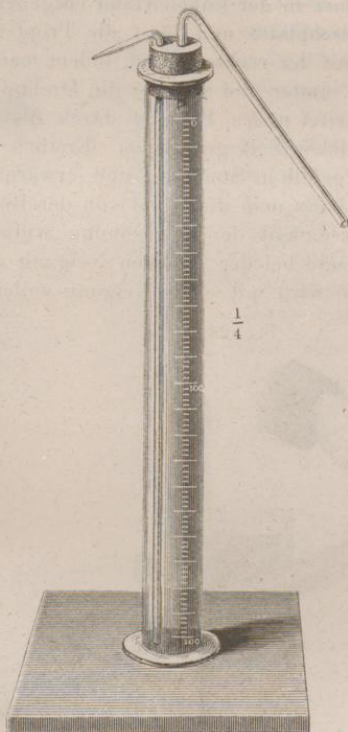
Einfache
Gay-Lussac'sche
Bürette.

Fig. 22.



Fussbürette.

Giessende beinahe unter einem rechten Winkel 30 bis 40mm lang angebogen ist, so weit abgeschnitten, dass, wenn sie oben mit dem gebogenen Ende auf dem Rande der Hauptröhre hängt, sie unten den Boden beinahe berührt. Man bezeichnet beide Röhren mit einem Diamante in gleicher Art, zum Zeichen, dass sie zusammen gehören. Auch kann man sich von demselben Stücke eine zweite Giessröhre zur Seite legen, für den Fall, dass eine verloren geht oder zerbrochen wird. Diese Bürette ist eine vollkommen Gay-Lussac'sche, weil sie ebenfalls den Ausfluss von unten hat. Sie wird ganz wie diese behandelt, gefüllt, geleert und abgelesen, und theilt auch ihre Mängel, nur dass sie weniger leicht

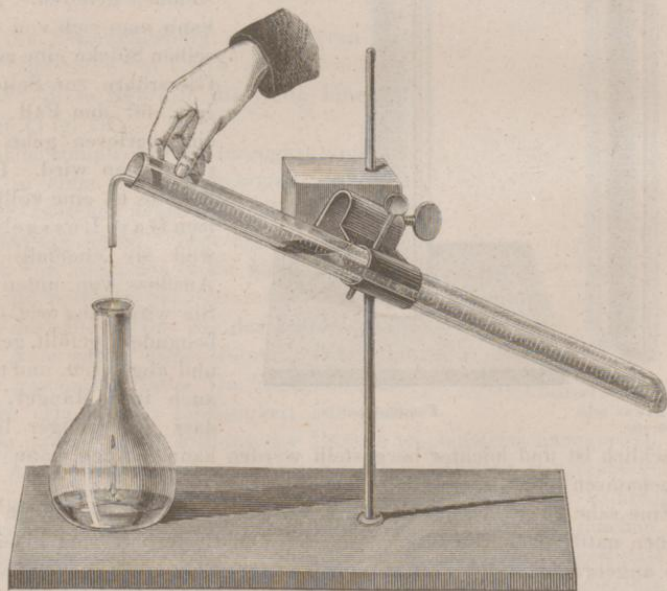
zerbrechlich ist und leichter hergestellt werden kann. Auch kann man sie mechanisch leicht überall reinigen.

Eine sehr zweckmässige Modification ist in Fig. 22 abgebildet. Sie hat einen natürlichen Glasfuss. Ausguss- und Blaseröhre sind in einem Korke angebracht, welcher aber nicht von der Flüssigkeit benetzt wird, weshalb man diese Form auch zu Chamäleon anwenden kann. Die

Cylinder mit Fuss sind jedoch wenig calibrisch, weshalb im Allgemeinen der Körper besser aus einer zugeschmolzenen Glasröhre gemacht und, wie in Fig. 14, mit einem hölzernen Fuss versehen wird.

Eine wesentliche Verbesserung erhalten alle diese Vorrichtungen, wenn man sie nicht in der Hand hält, sondern in einem Stative bewegt, welches sich um eine horizontale Achse drehen lässt. Man kann dazu die gewöhnlichen hölzernen Retortenhalter der Laboratorien anwenden. Die Bürette ist in der Mitte festgeklemmt und stört dadurch niemals das Gleichgewicht. Der Retortenhalter ist nur so stark angeschraubt, dass er sich leicht um seine Achse drehen lässt und dennoch in jeder Lage durch Reibung stehen bleibt. Wenn die Bürette gefüllt ist, kommt man ihr anfänglich mit dem Glase in der linken Hand entgegen, später stellt man das Glas auf die Tischplatte und lässt die Tropfen hineinfallen. Man bewegt die Bürette mit der rechten Hand, indem man sie an ihrem leeren Theile anfasst. Je sanfter und sicherer die Drehung des Statives ist, desto angenehmer arbeitet man. Es sind durch diese Vorrichtung mehrere Vortheile zu gleicher Zeit gewonnen. Erstlich fasst man die Röhre nicht mehr an der gefüllten Stelle an und erwärmt die Flüssigkeit nicht mehr. Sodann kann man die Hand von der Bürette abziehen und seine ganze Aufmerksamkeit der Erscheinung widmen, während diese immer gefüllt steht und bei der leisesten Neigung einzelne Tropfen giebt. Jede Operation wird mit einer Neigung vollendet, wodurch

Fig. 23.



Gießbürettenstativ.

man nicht mehr anlaufen zu lassen hat. Man kann sich von der Bürette entfernen, kann inzwischen kochen, filtriren, absetzen lassen und den Versuch augenblicklich ohne Gefahr wieder aufnehmen. Die Capillarität des vordersten Tropfens bewirkt, dass man mit der Röhre einen kleinen Bogen durchlaufen kann, ohne dass ein Tropfen fällt, oder dass die Flüssigkeit zurückläuft. Diese Latitude der Bewegung macht die Arbeit sehr leicht. Man stellt beim Entfernen von der Bürette diese etwas hinauf; der Tropfen zieht sich dann concav in die Röhre, rinnt aber von der nassen Röhre noch nicht ab. Ich würde Allen, welche mit Giessbüretten arbeiten, rathen, sich dieser Vorrichtung vorzugsweise zu bedienen. Um nicht die Retortenhalter zu lange zu entbehren, habe ich eine besondere messingene Klammer dazu anfertigen lassen, welche in Fig. 23 (a. v. S.)

Fig. 24.



Bürettenklammer.

Fig. 26.



Englische Bürette.

Fig. 25.



Korkcharnier.

im Gebrauche, in Fig. 24 allein dargestellt ist. Auf einer senkrechten Metallstange bewegt sich ein parallelepipedisches Klötzchen und kann in jeder Höhe durch eine Schraube arretirt werden. Durch dieses Klötzchen geht ein runder Stift der messingenen Klammer entweder einfach mit Reibung hindurch, oder es kann eine Doppelmutter auf der Schraube dieses Stiftes bewegt und dadurch jede beliebige Neigung gegeben werden.

Noch einfacher kann die nöthige Reibung durch einen engdurchbohrten Kork (Fig. 25), der sich selbst auf der Stativstange, und durch den sich die runde Stange der Klammer gedrängt bewegt, hervorgebracht werden.

In England hat man sich zu technischen Zwecken ziemlich weiter Büretten mit Fuss bedient, und die Flüssigkeiten direct von der Oberfläche und nicht vom Boden an abfließen gelassen. Diese Formen sind alle mehr oder minder verunglückt und ganz unbrauchbar.

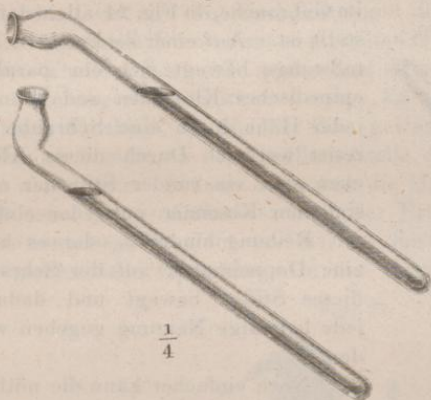
Von den fehlerhaften Formen will ich zunächst Fig. 26 erwähnen. Es ist gleichsam Fig. 20 ohne die auf den Boden gehende Röhre. Allein darin liegt auch die Unbrauchbarkeit dieser Bürette. Um ihren Inhalt ganz auszuleeren, muss man die Bürette in die horizontale Lage bringen. Noch lange vorher nimmt die Oberfläche der Flüssigkeit eine ungeheure Länge ein. Die kleinste Bewegung bringt Schwanken und Wellenschlag hervor und wirft viele Tropfen auf einmal in das Ausgussrohr. Die Verlängerung des Ausgussrohrs in Fig. 18 bis 20 hat gerade den

Zweck, dass bei bedeutender Entleerung der Bürette die Oberfläche der Flüssigkeit doch nur klein ist.

Aehnlich verhält es sich mit jener Form der Bürette, wo ein auf seinem Fuss stehender Cylinder mit einem Glaspfropfen geschlossen ist, in welchen auf entgegengesetzten Seiten zwei Längsrinnen eingeschliffen sind, die eine um Luft herein, die andere um Flüssigkeit herauszulassen. Man muss ebenfalls horizontal halten, wenn man ausleeren will. Je leerer die Bürette, desto schwerer ist es, tropfenweise zu giessen, also gerade wo es gilt.

Wesentlich von den bisher beschriebenen Büretten weicht die von Kersting*) angegebene ab. Sie besteht (Fig. 27) aus einer geraden

Fig. 27.



Kersting's Bürette.

Röhre, an welche ein bauchförmig erweitertes Gefäss unter einem stumpfen Winkel angesetzt ist. Das Ausgiessen geschieht dadurch, dass man erst die Flüssigkeit in das weite Gefäss und aus diesem in das Probirglas fallen lässt. Nähert man sich dem Ende des Versuchs, so neigt man das lange Ende des Rohrs wieder herab, wodurch sich die in dem bauchförmigen Gefässe gefangene Flüssigkeit durch blosses

Drehen der Röhre um ihre Längsachse tropfenweise ausgiessen lässt. Man hat den Vortheil, dass die vor dem Ausgusse vorhandene Flüssigkeitsschicht niemals gross ist. Diese Bürette ist leicht anzufertigen. Weniger als einen Tropfen kann man nicht wohl ausgiessen, auch ist der Uebelstand des Erwärmens der Probeflüssigkeit durch die Hand, und dass die Bürette keinen Stand hat, dabei nicht vermieden. Ich kenne diese Bürette nicht aus eigener Prüfung.

Drittes Capitel.

Die Pipetten.

Unentbehrlich und sehr die Arbeit abkürzend sind die Pipetten oder Saugröhren. Die Flüssigkeit wird aus den Gefässen unmittelbar in die

*) Annal. der Pharm. 87, 33.

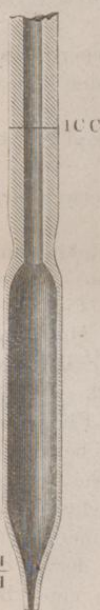
Pipetten gesaugt, und durch den Druck des Zeigefingers der rechten Hand auslaufen gelassen. Die Pipetten müssen in einer bestimmten Beziehung zu den Standgefässen der titrirten Flüssigkeiten stehen, nämlich dass sie alle in dieselben bis nahe an den Boden eintauchen können. Nichts ist unbequemer, als wenn die Pipetten unten weite Gefässe haben. Man muss dann die Flüssigkeit jedesmal in ein weiteres Gefäss ausgiessen, woraus Verdunstung und grössere Concentration, Absorption von Kohlensäure, Verlust von Ammoniak, in jedem Falle aber unnütze Mühe entsteht. Ich möchte also voraus annehmen, dass die Weite des Halses der zum Aufbewahren der titrirten Flüssigkeiten bestimmten Flaschen 18—20^{mm} betrage, und dass die Pipette höchstens 15^{mm} dick sei, oder wenigstens eine untere Saugspitze habe, die bei einer Länge von 170—180^{mm} nicht dicker als 15^{mm} ist. Man wird alsdann die Flüssigkeiten aus allen Flaschen in der grössten Reinheit herausziehen können. Dies bietet die grössten Vortheile dar.

Fig. 28.

Fig. 29.

240 Mm. lang.

265 Mm. lang.



1 CC. Pipette.



5 CC. Pipette.

sei, oder wenigstens eine untere Saugspitze habe, die bei einer Länge von 170—180^{mm} nicht dicker als 15^{mm} ist. Man wird alsdann die Flüssigkeiten aus allen Flaschen in der grössten Reinheit herausziehen können. Dies bietet die grössten Vortheile dar.

Beim Ausgiessen der Flüssigkeiten in weitere Gefässe werden Niederschläge (wie ein solcher in der Chamäleonlösung fast immer vorhanden ist), aufgeführt, ätzende Alkalien werden am Rande kohlsauer und von der vorbeilaufenden Flüssigkeit abgespült, Salze krystallisiren und verstärken die vorbeirinnende Flüssigkeit. Alles dies findet nicht statt, wenn man die ruhende Flüssigkeit aus der stillstehenden Flasche aufsaugt.

Die kleineren Pipetten bis zu 20 und 25 CC. Inhalt gehen ohne Weiteres mit ihrem Körper in die Flaschen und bedürfen deshalb keiner dünneren Röhre unter dem Gefässe. Man unterscheidet auch unter diesen Vollpipetten und Messpipetten.

Die Vollpipetten haben nur eine einzige Marke, und sind bestimmt, ein bestimmtes Volum abzumessen. Man hat sie bis zu 150 CC.

Die Messpipetten sind cylindrisch und auf der ganzen Länge getheilt. Sie sind eigentlich Büretten, deren Ausfluss durch den Druck des Fingers regulirt wird. Sie sind in ihrer Gestalt von den Vollpipetten verschieden.

Die Vollpipetten hat man von 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 und 150 CC. Für jedes dieser Maasse finden sich besondere Anwendungen.

Die 1 CC. Pipette ist in Fig. 28 in natürlicher Grösse mit Auslassung eines Stückes des Stiels abgebildet. Die Marke ist im engen Theil

der Röhre, wie bei allen Pipetten. Diese Pipette wird gebraucht, kleine Mengen concentrirter Flüssigkeiten, Eisessig, Essigäther, Säuren, Ammoniak, deren specif. Gewicht man kennt, statt zu wägen, zu messen, und dann das absolute Gewicht daraus zu berechnen.

Die 5 CC. Pipette (Fig. 29, a. v. S.) hat dieselbe Form; sie wird zum selben Zwecke bei verdünnteren Flüssigkeiten angewendet, wie bei gemeinem Essig.

Die 10 CC. Pipette (Fig. 30) dient schon zum Richtigstellen von Probeflüssigkeiten. Man muss davon mindestens zwei Stück ganz gleiche haben.

Die 20 CC. Pipette kann bei gleicher Dicke die doppelte Länge von Fig. 30 haben.

Eine schlechte Form, welche die thüringischen Glasbläser viel anfertigen, ist in Fig. 31 dargestellt. Das Gefäss ist schon zu dick, um in die meisten Flaschen hinein zu kommen, und die Eintauchspitze zu kurz.

Eine ebenfalls fehlerhafte Form der 20 CC. Pipette ist in Fig. 32 in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse dargestellt. Das Gefäss ist schon 23^{mm} dick und kann in keine gewöhnliche Flasche mehr eingebracht werden.

Von hier an müssen die Pipetten mit langer Eintauchspitze verfertigt werden.

Die 25 CC. Pipette, welche in Fig. 33 in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Grösse abgebildet ist, hat ein 26^{mm} weites Gefäss und eine 190^{mm} lange Tauchspitze.

Die 50 CC. Pipette hat die Tauchspitze ebenso lang, dagegen das Gefäss ungefähr 37^{mm} dick und 60^{mm} lang.

Die 100 CC. Pipette hat das Gefäss ebenso dick, aber etwas mehr als doppelt so lang.

Die 150 CC. Pipette, welche ich zur Bestimmung der Kohlensäure in Mineralwässern anwende, hat eine 70^{mm} dicke Kugel aus starkem Glase geblasen und mit Röhren an beiden Seiten verlängert (Fig. 34).

Alle diese Pipetten dienen dazu, ein ganzes bestimmtes Maass von einer Flüssigkeit herauszunehmen. Dadurch ist in vielen Fällen eine grosse Abkürzung der Arbeit erreicht. Gesetzt, man wolle in einer Flüssigkeit einen Bestandtheil bestimmen, dürfte aber die Flüssigkeit nicht alle dazu verwenden, weil noch andere Stoffe darin zu bestimmen wären. Man bringt dann die Flüssigkeit in eine Messflasche, welche z. B. 400 CC. bis an eine Marke fasst. Man ergänzt nun das Volum mit destillirtem Wasser bis zur Marke; saugt man nun mit einer Pipette 100 CC. heraus, so hat man darin genau den vierten Theil der in der ganzen Flüssigkeit enthaltenen Stoffe; man kann darin den einen Bestandtheil bestimmen, und behält noch genau $\frac{3}{4}$ der Flüssigkeit zu anderen Versuchen übrig. Um dasselbe zu erreichen, hätte man mindestens zwei Wägungen mit schweren Glasgefässen machen müssen, und dann doch den herausgenommenen Theil nur in einem bekannten, aber

nicht einfachen Verhältniss erhalten. Regelmässige Verdünnungen bei Prüfung von Reactionserscheinungen werden am sichersten und leichtesten mit Pipetten bewirkt.

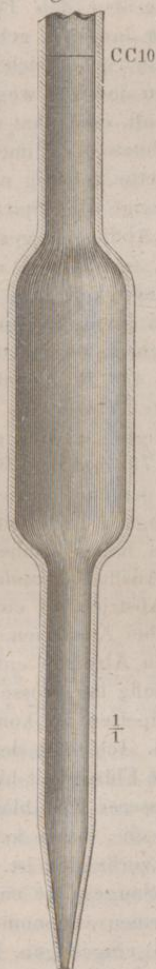
Die Leichtigkeit, womit man aus einer Flasche Flüssigkeit, ohne sie zu bewegen, herausnehmen kann, die Schärfe, womit man diese Flüssigkeit aus der Pipette tropfenweise rinnen lassen kann, hat die Pipette schon lange zur Vollendung der feinsten Analysen empfohlen. In diesem Falle hat die Pipette kein erweitertes Gefäss, sondern sie ist eine möglichst cylindrische, von oben nach unten getheilte Röhre.

Fig. 30.
295 Mm. lang.



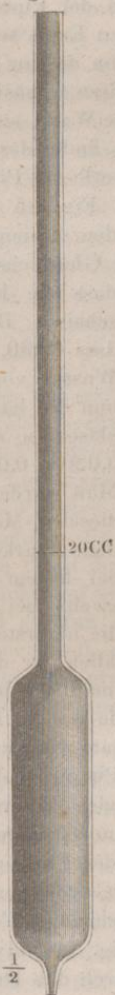
10 CC. Pipette.

Fig. 31.



10 CC. Pipette.

Fig. 32.



20 CC. Pipette.

Fig. 33.



25 CC. Pipette.

Fig. 34.



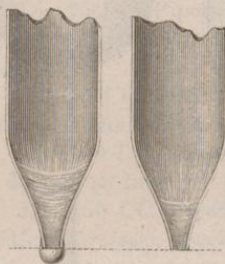
Grosse Pipette.

Bei Handhabung der Pipetten sind drei verschiedene Methoden des Auslaufenlassens im Gebrauch.

- 1) Freies Auslaufen,
- 2) Auslaufen mit Abstrich,
- 3) Ausblasen.

Die Pipette muss nach demselben Grundsatz gebraucht werden, wornach sie geaicht ist. Bei der ersten Methode hält man die Pipette senkrecht und lässt ruhig ablaufen. Die in der Pipette hängen bleibenden Tropfen werden mit ihr zurückgezogen und gehören nicht zur Arbeit. Diese Methode hat das Unangenehme, dass man einen dieser Tropfen leicht beim Entfernen der Pipette über den Tisch verschüttet, und dass das Ausfliessen gegen Ende sehr langsam geht. Dieses Hinderniss wird durch die Cohäsion des an der Spitze sich bildenden Tropfens gebildet. Nimmt man diese Cohäsion dadurch weg, dass man die Spitze der Pipette an die nasse Wand anhält, oder dass man diese leicht in die Flüssigkeit eintaucht, so findet das letzte Ausrinnen viel schneller statt, und man kann die gut entleerte Pipette beliebig wegführen, ohne einen Tropfen zu verlieren. Fig. 35 zeigt die Spitze der 10 CC. Pipette, wie sie sich nach dem freien Abfliessen gestaltet. Berührt man mit der Spitze eine nasse Glasfläche, so rinnt so viel Wasser aus,

Fig. 35. Fig. 36.



Freies Ausfliessen.

Ausfliessen mit
Abstrich.

dass die Flüssigkeit wie in Fig. 36 erscheint. Bei einem Versuche zeigte sich, dass 0,080, ein andermal, dass 0,0825 Grm. Wasser von 14° R. nachflossen. Wurde nun das letzte Wasser aus Fig. 36 ausgeblasen, so zeigte sich dies in drei Versuchen 0,0205, 0,0175 und 0,0170 Grm. schwer. Man würde demnach an einer Pipette für dieselbe Menge Flüssigkeit drei verschiedene Marken haben können; die oberste bei freiem Ausfluss (*écoulement libre*), die zweite bei Abstrich an eine nasse Wand, die unterste bei Ausblasen.

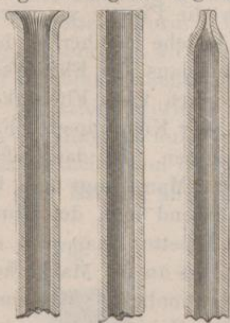
Ich habe mich in allen Fällen für den Abstrich entschieden. Das Ausblasen ist unbequem, weil man sich häufig bei grossen Gefässen stellen müsste, um mit dem Munde an die Pipetten zu kommen, und das freie Ausfliessen geht zu langsam vor sich. Ich halte deshalb die Spitze der im Auslaufen begriffenen Pipette in die Flüssigkeit hinein, und ziehe sie nachher langsam heraus; oder bei grösserer Eile blase ich den Inhalt aus, und tupfe die Spitze noch einmal ein, wenn keine andere als die ausfliessende Substanz in der Flasche vorhanden ist.

Es ist nun auch noch die Gestalt der Saugspitze näher zu betrachten. Man hat dafür drei verschiedene Formen angenommen: 1) erweitert, Fig. 37, 2) cylindrisch, Fig. 38 und 3) eingezogen, Fig. 39.

Die Pipette wird oben durch den Druck des Zeigefingers der rech-

ten Hand geschlossen. Im Verhältniss, als man Luft zwischen Zeigefinger und Glas eindringen lässt, rinnt unten die Flüssigkeit ab. Bei

Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39.



Oberes Ende der Pipette.

der grossen Düntheit der Luft wird ausser in dem Falle, dass man voll ablaufen lässt, niemals der Finger ganz aufgehoben, sondern nur der Druck etwas vermindert. Es kommt deshalb darauf an, dass man den Druck so stark gebe, dass ungeachtet der senkrecht hängenden Wassersäule keine Luft eindringe. Ein gegebener Druck wird aber auf jedem einzelnen Punkte um so weniger lasten, je mehr Punkte es sind, worauf er sich vertheilt. Vergleichen wir die drei Figuren 37 bis 39, so sehen wir deutlich, dass man auf die Form 37 mehr drücken müsse als auf 38, und darauf wieder mehr als auf 39, wenn keine Luft eindringen soll. An jedem einzelnen Punkte ist der Druck, welcher das Eindringen der Luft verhindert, bei allen Figuren ganz gleich, allein bei Fig. 37 sind wegen des grösseren Umfanges mehr solcher Punkte zu belasten. Man hält die Pipette zwischen Daumen und Mittelfinger. Drückt man mit dem Zeigefinger auf die Spitze, so muss man auch mit Daumen und Mittelfinger stärker pressen, wenn man nicht die Pipette durch die Hand durchschieben will.

Es ist deshalb das Arbeiten mit weit geöffneten Pipetten sehr anstrengend, da man an zwei Stellen mehr Kraft aufwenden muss. Ich habe in allen Fällen an meinen Pipetten die obere Spitze nach Fig. 39 verengert, und finde, dass die Leichtigkeit der Handhabung damit wesentlich gewinnt. Selbst hohe Pipetten schliessen dadurch ganz luftdicht, und halten ohne Anstrengung der rechten Hand die Flüssigkeit vollkommen zurück. Wenn die Hand durch starkes Arbeiten rissig geworden ist, so gelingt es gar nicht, auf einer weiträndigen Pipette einen Schluss zu gewinnen. Es sind alsdann so viele Risse über dem Glasrande, dass unvermeidlich immer Luft eindringt. Bei einem engeren Rande findet sich noch eine genügend grosse glatte Stelle der Oberhaut. Die eingezogene Spitze ist auch zum Ansaugen bequemer.

Die Spitze des Fingers, welche auf die Spitze der Pipette aufgelegt wird, muss einen gewissen Feuchtigkeitszustand haben. Ist sie ganz trocken, so schliesst sie nur bei sehr starkem und anstrengendem Druck; ist sie sichtbar nass, so schliesst sie bei der leisesten Berührung luftdicht und lässt auch ohne vollkommenes Lüften keine Luft ein, in welchem Falle aber die Flüssigkeit stossweise und im vollkommenen Strahle ausläuft. Am besten streicht man die Fingerspitze über die feuchte Lippe und reibt sie einmal gegen den Daumen. Es bleibt alsdann gerade Feuchtigkeit genug zurück, um mit leichtem Drucke nach Willkür

Flüssigkeit tropfenweise ausrinnen zu lassen. Wenige Versuche zeigen dies augenblicklich.

Wenn man die Pipette füllen will, so taucht man sie in die Flüssigkeit ein und saugt sanft in die Höhe. Hält man die Pipette zu wenig in die Flüssigkeit, so steigen Luftblasen mit auf, welche nachher hinderlich sind. Saugt man zu rasch, so reisst sich Luft aus der Flüssigkeit los und bildet oben einen hinderlichen Schaum; auch kann Flüssigkeit bis in den Mund gelangen. Namentlich kann in der Kugelpipette (Fig. 34) der aufspritzende Strahl in das Mundrohr dringen. Ist das Gefäß zum Theil gefüllt, so ist diese Gefahr beseitigt. Man saugt nun bis über die Marke auf und fährt augenblicklich, während man den Mund abzieht, mit der Spitze des Zeigefingers auf die Pipette; man hält sie gerade vor sich und lässt die Flüssigkeit langsam bis an die Marke herabsinken. Die Art des Haltens ist in Fig. 40 versinnlicht. Was man

Fig. 40.



Halten der Pipetten.

dabei mit dem Zeigefinger machen muss, kann man nicht sagen, denn es ist gleichsam nur ein Wollen, ein Denken, so leise ist die Bewegung des Fingers. Soll nur ein Tropfen fallen, wie es immer bei Vollendung einer Analyse stattfindet, so braucht man es nur zu denken und er kommt schon. Allenfalls schiebt man den Finger leise vorwärts, gelüftet wird er aber dazu niemals. Die Uebung, einzelne Tropfen ganz nach Willkür fallen lassen zu können, muss vorher vollkommen erlangt werden, und man macht Versuche mit Wasser, bis man sicher ist. Es ist nichts unangenehmer, als eine fast vollendete Arbeit durch einen unerwarteten Guss ganz zu vernichten.

Die Messpipetten sind cylindrische Röhren, welche oben und unten in Spitzen auslaufen. Man hat sie von 20 CC. abwärts bis zu 1 CC.

Eine Pipette von 20 CC. Inhalt, abgestrichen, ist 330^{mm} lang, und 205^{mm} lang getheilt. Jeder CC. ist 10^{mm} lang und in fünf Theile getheilt. Die Theilung ist in natürlicher Grösse in Fig. 41 abgebildet. Sie dient vielfach zu Chamäleonanalysen.

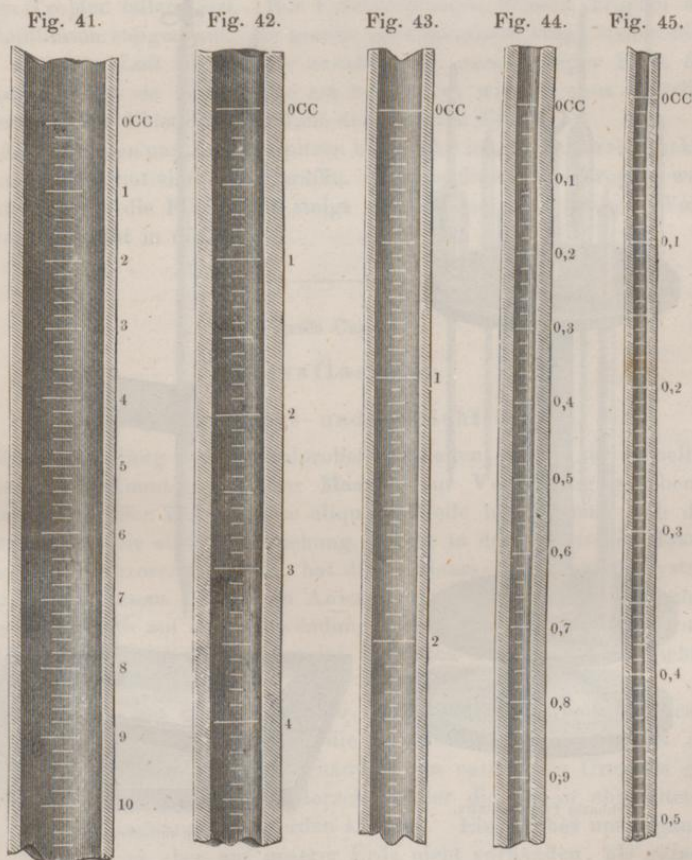
Zwei Pipetten von 10 CC. Inhalt, abgestrichen, 390^{mm} lang, und 255^{mm} lang getheilt. 1 CC. ist 24^{mm} lang, in 10 Theile getheilt, und lässt sehr gut noch halbe Zehntel schätzen. Diese beiden Pipetten, welche einander ganz gleich sein müssen, dienen zu sehr vielen Arbeiten.

Man vollendet damit alkalimetrische Operationen, man gebraucht sie zum Stellen der Normalflüssigkeiten.

Die Theilung ist aus Fig. 42 zu ersehen.

Pipetten, worin 1 CC. eine Länge von 27^{mm} einnimmt. Die Theilung ist aus Fig. 43 zu ersehen. Die Zehntel-Cub.-Cent. sind noch einmal in halbe getheilt.

Pipetten, worin 1 CC. eine Länge von 99 bis 100^{mm} einnimmt. Die Theilung ist aus Fig. 44 zu ersehen. Ist direct in Fünfzigstel-Cub.-Cent. getheilt, von denen die Hälften, also Hundertstel-Cub.-Cent., noch mit aller Schärfe abgelesen werden können.



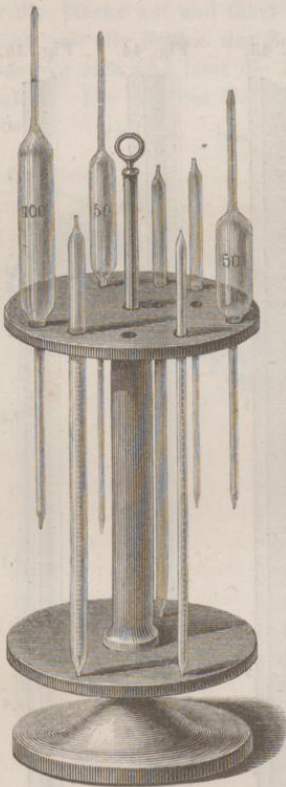
Pipettenröhren in natürlicher Erscheinung der Theilung.

Eine Pipette, worin 1 CC. eine Länge von 200^{mm} einnimmt, ist direct in $\frac{1}{100}$ CC. getheilt, Fig. 45 (s. v. S.). Man liest Hundertstel direct ab und kann Tausendstel schätzen. Sie hat eine sehr feine Spitze, damit Theile von Tropfen abgestrichen werden können.

Alle diese Pipetten werden nach Bedürfniss angewendet.

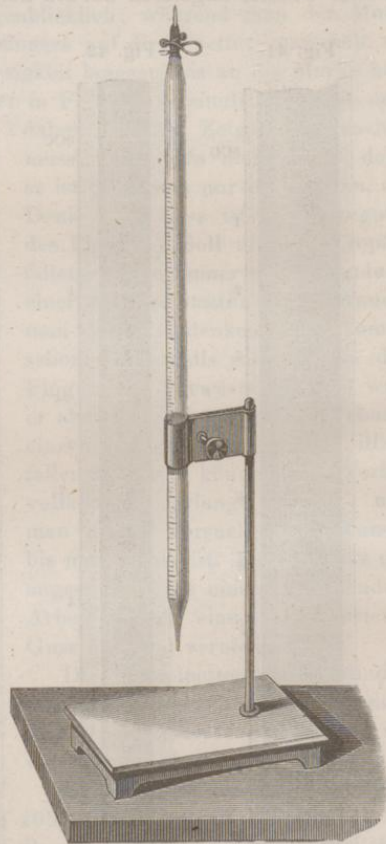
Um sie gegen Bruch zu schützen, sie leicht greifen zu können und damit sie in der Ruhe abrinnen und trocknen, bewahre ich die Pipetten ebenfalls auf einer Etagère, Fig. 46, worin dieselben theils stehen, theils

Fig. 46.



Drehbares Pipettenstativ.

Fig. 47.



Maasspipette mit oberem Schluss.

hängen. Sie besteht ebenfalls aus zwei horizontalen Holzscheiben, welche durch eine hölzerne hohle Röhre verbunden sind. Die untere Scheibe ist undurchlöchert, die obere hat eine Anzahl ungleich weiter runder Löcher. Die innere Eisenstange sitzt in einem schweren, mit Blei aus-

gegossenen Fusse und die Tragevorrichtung dreht sich um diese Stange auf dem Fusse. Eine Hoch- und Tiefstellung ist nicht vorhanden, da sie keinen Zweck hat.

Eine Pipette mit Quetschhahnschluss am oberen Ende ist Fig. 47 abgebildet. Sie hat den Zweck, die Berührung der Flüssigkeit mit dem Cautschuk zu vermeiden, was bei Chamäleon von Wichtigkeit ist. Durch leises Drücken des Quetschhahns geht Luft ein und Flüssigkeit fliesst aus. Ich habe diese Form nicht bequem finden können. Es ist schwer, so leise zu drücken, dass nur Tropfen ausfliessen, und wider Willen kommt oft ein Strahl. Man kann diese Pipette nicht gefüllt stehen lassen, weil sie bei dem besten Schlusse durch Temperatur- und Luftdruckveränderungen Tropfen fallen lässt. Bei Erschütterungen fliessen Tropfen aus und Luftblasen steigen auf, die gerade im Chamäleon lange stehen bleiben. Je mehr Luft die Pipette enthält, also gerade gegen Ende der Operation, folgt sie dem Willen am wenigsten, wie das ganz natürlich ist, da dann die Elasticität der Luft den grössten Effect hat.

Alle Pipetten und Ausflussspitzen bestreiche ich, nachdem sie trocken und etwas erwärmt sind, mit Paraffin. Die ausfliessenden Tropfen werden kleiner und die Flüssigkeit steigt niemals an der äusseren Wand durch Capillarität in die Höhe.

Viertes Capitel.

Maassflaschen.

Metrisches Maass- und Gewichtssystem.

Zur Herstellung der Normalprobeflüssigkeiten, sowie zur schnellen Abmessung bestimmter grösserer Maasse, zur Vertheilung gegebener Mengen von Stoffen in bestimmte aliquote Theile bedient man sich der Maassflaschen. Die einfache Beziehung, welche in dem metrischen Maasssysteme der Franzosen obwaltet, hat dieses Maass- und Gewichtssystem allgemein zu diesem Zwecke in Anwendung gebracht. Da die ganze Titrimethode sich auf eine Anwendung dieses Maasses und Gewichtes gründet, so ist es am Orte, über das metrische Maass- und Gewichtssystem hier etwas zu sagen.

Bekanntlich hat die Commission, welche die Bearbeitung dieses Gegenstandes übernommen hatte, die Grösse eines Erdmeridians als Urmaass angenommen. Es sollte nämlich ein natürliches Urmaass genommen werden, an welches jederzeit wieder die davon abgeleiteten Maassstäbe (*étalons*) angelegt werden könnten. Ein solches uns zugängliches Urmaass ist aber auf unserer Erde nicht vorhanden, als gerade die Grösse der Erde selbst, und diese kann nur durch eine sehr schwierige, zeitraubende und kostspielige Operation, nämlich eine Gradmessung, gefunden werden. Eine andere, viel leichter zugängliche und leicht

bestimmbare absolute Grösse war in der Länge des Secundenpendels gegeben. Es ist nämlich aus inneren mechanischen Gründen nicht anders möglich, als dass die Umwälzung der Erde um ihre ideale Achse, der Sternentag, absolut immer gleich lang sein müsse. Sobald diese Gleichheit der Zeit gegeben ist und die Attractionskraft der Erde unter einer bestimmten Breite ebenfalls constant ist, was sie bei ihrer gleichbleibenden Masse sein muss, so ist auch die Länge des Secundenpendels gegeben. Wenn man deshalb ein Secundenpendel so regulirt, dass es genau in einem Sternentage 86400 Schwingungen macht, so ist die Länge dieses Pendels von seinem Aufhängungspunkte bis zu seinem Schwingungspunkte eine constante Grösse. Dies zu erreichen bietet aber das Kater'sche Reversionspendel ein sehr genaues Mittel, und es erscheint darin die Länge des Secundenpendels als die absolute Entfernung zweier sehr harter und scharfer Stahlschneiden. Man konnte also dabei eine wirklich messbare Grösse mit unseren Maassstäben vergleichen. Die Commission hat aber in der Ueberschwänglichkeit jener Zeit dieses Mittel verworfen, weil es noch einen Factor, nämlich die Zeit, einschloss, und hat dafür ein Urmaass genommen, welches keinem einzelnen Menschen zugänglich ist und dessen Bestimmung unendlich vielen Veranlassungen zu Fehlern unterworfen ist. In der That hat auch Bessel später nachgewiesen, dass das Meter nicht genau der zehnmillionste Theil eines Meridianquadranten ist. Es ist dabei Niemandem eingefallen, das abgeleitete Maass jetzt nach dem genauer festgestellten Urmaasse corrigiren zu wollen, und das Meter wird seine angenommene Länge behalten, selbst wenn sich herausstellen sollte, dass es um mehrere Zolle falsch wäre. Das Meter ist uns also ein absolutes Maass, dessen Urmodell in den Staatsarchiven zu Paris niedergelegt ist. Von diesem Urmaass ist nun das Gewicht abgeleitet. Das Gewicht eines Würfels Wasser, dessen Seite $\frac{1}{10}$ Meter ist, wie der schwarze Strich, Fig. 48, bei dessen grösster Dichtigkeit, bei 4° Cent., soll heissen Kilo-

Fig. 48.

 Ein Zehntel Meter.

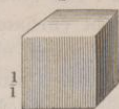
gramm und sein Volum Litre. Theilt man dieses Gewicht in 1000 gleiche Theile, so heisst ein solcher Theil ein Gramm. Dieses ist also das Gewicht eines Würfels Wasser, dessen Seite $\frac{1}{10}$ von der obigen Länge, Fig. 48, ist, denn ein Würfel, dessen Seite 10 Längeneinheiten hat, hat einen Inhalt von 1000 Cubikeinheiten. Die Fläche eines solchen Würfels

Fig. 49.



Quadratcentimeter.

Fig. 50.



Cubikcentimeter.

ist in Fig. 49 in natürlicher Grösse abgebildet. Da Fig. 48 schon $\frac{1}{10}$ Meter ist, so ist die Kante dieses kleinen Würfels $\frac{1}{100}$ Meter oder ein Centimeter, und sein Würfel heisst Cubikcentimeter (Fig. 50). Das Gewicht eines Cubikcentimeters Wasser bei 4° Cent.

ist nun das Gramm. Dies ist der einfache Zusammenhang zwischen Maass und Gewicht bei allen hier angewendeten Werkzeugen. Die Temperatur von 4° C. ist für uns von keiner Bedeutung und wir wählen constant eine andere Temperatur, bei welcher das Wasser eine eben so bestimmte Ausdehnung hat als bei dem Punkte seiner grössten Dichtigkeit. Die Temperatur von 4° C. könnte man nur eine kurze Zeit des Jahres haben und müsste alsdann in einer unbehaglichen Umgebung arbeiten. Ich habe überall die Temperatur von 14° Réaumur = 17 $\frac{1}{2}$ ° Centesimal angenommen. Man kann sie im höchsten Sommer durch Einsetzen der Flaschen in frisches Brunnenwasser leicht herstellen; im Winter haben in einer wohlgeheizten Stube (15° R.) die meisten Gegenstände die Temperatur von 14° R., und im Frühjahr und Herbst stellt sich in geschlossenen Räumen ebenfalls die Temperatur nicht weit davon. Uebrigens ist auch eine Abweichung um einige Grade von der Normaltemperatur von geringer Bedeutung. Betrachten wir die Tabelle der wahren Volumina des Wassers von Despretz (Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik, 3. Aufl. 2. Bd. S. 313), so finden wir, dass das Volum des Wassers, welches bei 17° C. 1,0012, bei 20° C. 1,00179 ist. Die Differenz ist 0,00059 = $\frac{1}{1700}$. Die Flüssigkeit wäre also für eine Vernachlässigung von 3 Graden um $\frac{1}{1700}$ zu viel ausgedehnt. Dies würde auf 1700 CC. einen ganzen CC. ausmachen. Da aber die meisten Versuche unter 100 CC. bleiben, so würde selbst für 100 CC. der Fehler nur $\frac{1}{17}$ CC. betragen. Dies bezieht sich immer noch auf das Volum des Wassers bei 4° C.; auf das Volum bei 17° C. bezogen, macht es noch weniger. Wollte man solche Wärmecorrectionen anbringen, so bietet uns die erwähnte Tafel von Despretz dazu die Grundlage, unter der Voraussetzung, dass sich alle die sehr verdünnten Salzlösungen wie reines Wasser verhielten. Wir haben nämlich hier:

	Wahres Volumen des Wasser, das bei 4° C. als 1 gesetzt.	Wahres Volumen, das bei 17° C. als Einheit gesetzt.	Correction der Flüssigkeit für m Cub.-Cent.
12° C.	1,00047	0,99927	+ 0,00073 m
13° C.	1,00058	0,99938	+ 0,00062 m
14° C.	1,00071	0,99951	+ 0,00049 m
15° C.	1,00087	0,99967	+ 0,00033 m
16° C.	1,00102	0,99982	+ 0,00018 m
17° C.	1,00120	1	
18° C.	1,00139	1,00018	— 0,00018 m
19° C.	1,00158	1,00037	— 0,00037 m
20° C.	1,00179	1,00058	— 0,00058 m
21° C.	1,00200	1,00080	— 0,00080 m

Man ersieht aus dieser Tafel, wie klein die Correctionswerthe sind, und dass, wenn man die Normaltemperatur nicht in zu schreiender Weise überschreitet, man keinen grossen Fehler zu begehen in Gefahr ist. Auch müsste bei Anbringung der Correction die Reactionserscheinung ungemein scharf und hervorspringend sein, indem ein Tropfen mehr oder weniger auf 100 CC. schon die Grösse dieser Correction übersteigt. Es würde nun doch unbegründet sein, eine so scharfe Correction anzubringen, wenn man in der Beobachtung der Erscheinung nicht bis auf diese Grösse hin sicher wäre. Auf der anderen Seite kann man sich durch den Anblick der obigen Tafel beruhigen, wenn man bisher eine solche Correction noch nicht anzubringen für nöthig gefunden hat.

Bei Graduirung der Flaschen und Pipetten beobachte man die Normaltemperatur ganz genau, weil dies nur eine einmalige Mühe von dauerndem Nutzen ist.

Die am meisten gebrauchte Maassflasche ist die Litreflasche. Ihr Inhalt ist ein Würfel von $\frac{1}{10}$ Meter Seite (Fig. 48, Seite 30). Für uns ist ihr Inhalt das Volum von 1 Kilogramm Wasser bei 14° R.

Die Litreflasche muss die Marke im engen Theile des Halses haben, damit eine Haarbrette höher oder tiefer wenig ausmacht. Es muss noch über der Marke ein ansehnlicher Luftraum bleiben, damit man gut umschütteln kann.

Um eine Litreflasche machen oder controlliren zu können, muss man eine grosse und gute Wage und ein richtiges Kilogramm haben. Meine Wage, welche ich zu diesen Arbeiten benutze, ist stark genug, um auf jeder Seite 5 Kilogramm zu tragen und doch noch einen Ausschlag bei 5 Milligramm Uebergewicht zu geben.

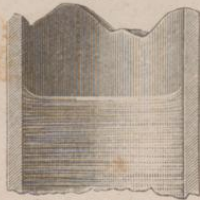
Um ein richtiges Kilogramm zu erhalten, habe ich mir lange Mühe gegeben. Ein solches, welches ich aus der Münze zu Paris mitgebracht hatte, war bedeutend unrichtig, da es sich im Inneren oxydirt hatte. Durch die Gefälligkeit des Herrn Repsold in Hamburg erhielt ich ein massives Kilogramm, welches eine genaue Copie des Platinkilogramms des kürzlich verstorbenen Etatsraths Schuhmacher in Altona ist. Schuhmacher hatte sein Platinkilogramm durch ein sehr mühsames, aber zuverlässiges Verfahren mit dem gesetzlichen Kilogramm der Archive in Paris verglichen. Dieses Urkilogramm, welches ein Cylinder von Platina ist, wurde von einer Commission, an deren Spitze Laplace stand, am 22. Juni 1799 in den Archiven der französischen Republik deponirt, dort von dem *Garde des Archives*, Herrn Camus, in Empfang genommen, sogleich in einen doppelten eisernen Schrank gelegt und unter vier Schlössern eingeschlossen. Mit diesem Kilogramm wurde dasjenige des Herrn Etatsraths Schuhmacher unter Mitwirkung von Arago verglichen und als Mittel von 51 Wägungen gefunden, dass seines 0,41 Milligramm leichter sei als das gesetzliche Kilogramm der Archive. Mit diesem Kilogramm Schuhmacher's ist das in meinem Besitze befindliche Kilogramm von Repsold verglichen und nach dem

vom 8. April 1851 datirten Briefe von A. und G. Repsold in Hamburg bis auf 0,000001 (1 Milliontheil) seines Gewichtes als richtig anzusehen, indem es sich bei der Vergleichung um 1,1 Milligramm zu leicht erwies. Dieses Kilogramm gebrauche ich nur alle Paar Jahre einmal, um meine übrigen Gewichte, von oben anfangend, darnach zu reguliren. Ein direct und möglichst genau davon copirtes Kilogramm dient zur Anfertigung der Litreflaschen.

Ich bringe zunächst eine vorläufig durch Wasser probirte und gut gefundene ganz trockene Flasche mit dem Kilogramm auf eine Schale der Wage und stelle das Gleichgewicht durch metallische Körper her. Wenn dies geschehen ist und die Wage scharf einsteht, so nehme ich das Kilogramm von der Wage und giesse destillirtes Wasser von 14° R. hinein. Das letzte scharfe Einstehen wird durch eine sehr spitze Pipette hervorgebracht.

Sobald dies gesehehen, setze ich ein dünnes Thermometer, welches in einem die Flasche genau schliessenden Korke sitzt, Kork und Thermometer mit destillirtem Wasser benetzt, in die Flasche, so dass die Kugel im Wasser hängt. Die Flasche ist nun geschlossen und wird geschüttelt, bis das Thermometer 14° R. zeigt, zu welchem Zwecke man sie entweder in kaltes oder warmes Wasser setzt, bis dieser Erfolg eingetreten ist. Man kann sie jetzt nach Entfernung des Thermometers und sorgfältigem Abtrocknen noch einmal auf die Wage setzen, um zu sehen, ob sich nichts geändert habe. Die Flasche wird jetzt auf einen horizontalen Tisch gestellt und auf ein angeklebtes Stück Papier mit einem Bleistift ein Probestrich gemacht, wobei man an einem horizontal davor gehaltenen Lineale mög-

Fig. 51.



Flüssigkeit im Hals der Litreflasche.

lichst horizontal visirt. Nachdem dieser Strich gelungen ist, legt man die Flasche fest in eine Schieblade auf den Rand eines Tisches und überträgt den Bleistiftstrich mit einem Schreibediamant auf das Glas. Der Strich erscheint auf der Flasche gegen das Wasser wie in Fig. 51 und die erste und zweite Litreflasche wie in Fig. 52 und 53 (a. f. S.), welche in $\frac{1}{4}$ der natürlichen Grösse abgebildet sind, damit man beim Auswählen passender Flaschen einen Anhaltspunkt für die Maasse haben möge.

Ausser diesen Flaschen gebraucht man noch kleinere Flaschen zu 100, 200, 300, 500 CC., welche man in ähnlicher Weise darstellt. Diese Flaschen dienen dazu, um kleine Mengen Substanz in beliebige aliquote Theile zu theilen. Es giebt keine andere so genaue Methode der Einteilung als diese, oder um sehr kleine Mengen einer Substanz allein herauszunehmen. Gesetzt, man wolle 1 Milligramm Jodkalium allein haben, so nehme man 0,5 Grm. Jodkalium, löse es in destillirtem Wasser und ergänze das Volum zu 500 CC. Ein mit der Pipette herausgezogenes CC. Flüssigkeit enthält alsdann genau 0,001 Grm. Jodkalium. Oder man wolle das kohlen-saure Natron bestimmen, welches in einer

gegebenen Flüssigkeit, die man nicht ganz verwenden dürfe, enthalten ist, so verdünne man die Flüssigkeit auf 300 oder 500 CC., steche mit

Fig. 52.

Fig. 53.



Litreflaschen.

der Pipette 100 CC. heraus, titrire sie und multiplicire das Product mit 3 oder 5. Man hat alsdann noch Flüssigkeit genug übrig, um andere Bestandtheile darin zu bestimmen.