

Heiz- und Verkohlungsapparate.

I.

Beschreibung eines Thermostat,

VON

Dr. FR. HEEREN.

Bei Gelegenheit einer Reihe von Gährungsversuchen fand ich mich veranlasst, auf ein Mittel zu denken, um Flüssigkeiten eine längere Zeit hindurch einer sich möglichst gleichbleibenden Digestionswärme auszusetzen, wodurch denn endlich ein Apparat zu Stande kam, dessen Beschreibung hier folgt, und der, der Mode halber, mit dem Namen Thermostat belegt werden mag.

Zwar ist die praktische Chemie noch nicht bis zu dem Grade von Feinheit gediehen, dass bei Digestionen im Allgemeinen eine sich unausgesetzt gleichbleibende Temperatur erforderlich wäre, woran zum Theil der Mangel eines, dieser Anforderung entsprechenden, Mittels Schuld sein mag; allein der technische Chemiker kommt nicht selten in den Fall, gewisse Operationen im Kleinen genau unter denselben äusseren Verhältnissen anzustellen, unter deren Einfluss sie im Grossen vor sich gehn, z. B. Versuche über Färberei, Zuckerbildung, Gährung u. a., bei denen eine gleichmässige Wärme oft mehrere Tage lang unterhalten werden muss. In solchen Fällen kann der vorliegende Apparat die besten Dienste leisten, in so fern man mittelst desselben beliebige Temperaturen, die zwischen 100° C. und der des Zimmers liegen, jede beliebige Zeit

hindurch ununterbrochen unterhalten kann, so zwar, dass die Temperatur nur sehr geringen Schwankungen unterworfen ist. Bei dem Thermostat, der für das Laboratorium der höheren Gewerbeschule zu Hannover nach meiner Angabe angefertigt ist, belaufen sich diese Schwankungen noch nicht auf einen halben Grad C.

Das Wesentliche dieses Apparates besteht in einem grossen Luftthermometer, dessen Kugel sich nebst dem warm zu haltenden Gegenstande in einem Wasserbade befindet. Diesem letzteren wird durch eine untergestellte Spirituslampe nöthigenfalls Wärme zugeführt, jedoch nur so lange, bis die verlangte Temperatur hervorgekommen ist, worauf dann durch eine besondere Vorrichtung eine Klappe über die Lampe gezogen wird, welche die Flamme in ein zur Seite befindliches Abzugsrohr leitet und dadurch die fernere Erwärmung des Wasserbades verhindert. Eine zur Seite stehende Flasche lässt nämlich, so lange die Lampe wirken soll, tropfenweise Wasser in ein kleines Trichterchen mit sehr enger Ausflussöffnung fallen, welches dadurch beschwert, an einem Hebel wirkend die Klappe von der Lampe zurückhält. Die Flasche hört dagegen, sobald die erforderliche Temperatur eingetreten ist, Wasser zu liefern auf, wo sich dann bald das Trichterchen seiner Bürde entleert, leichter wird, und einem kleinen Gegengewichte gestattet, die Klappe über die Lampe zu ziehen.

Um nun das Ausfliessen des Wassers aus der Flasche nach Erforderniss zu bewirken oder zu hindern, wird dieselbe luftdicht verschlossen, und nur eine Röhre, die sich in einer freien Spitze endigt, gestattet der Luft den Ein- und somit dem Wasser den Austritt.

Diese feine Spitze nun bringt man in die aufwärts gebogene Röhre des Luftthermometers so, dass sie sich nahe über der Oberfläche des Quecksilbers befindet, welches dem Luftthermometer als sperrende Flüssigkeit dient. Sobald nun die Temperatur die verlangte Höhe erreicht, mithin das gestiegene Quecksilber die feine Oeffnung der Luftröhre abgeschlossen hat, hört das Einstromen der Luft und somit das Auströpfeln des Wassers auf, worauf alsbald die Klappe über die Lampe gezogen und die fernere Erwärmung unterbrochen wird.

Sinkt nun nach einiger Zeit die Temperatur und mit ihr das Quecksilber, so wird die Oeffnung der Lufröhre wieder frei, es gelangt wieder Luft in die Flasche, und das Trichterchen, alsbald mit Wasser gefüllt, zieht die Klappe von der Lampe wieder zurück, um das Wasserbad mit neuer Wärme zu versorgen. Dieses Spiel geht nun fort, solange die Flasche mit Wasser und die Lampe mit Spiritus versehen ist.

Da nun begreiflicher Weise selbst sehr geringe Aenderungen in dem Stande des Quecksilbers hinreichen, um das zeitgemässe Absperren oder Oeffnen des haarfeinen Lufröhrchens zu Stande zu bringen, ohne dass dabei, wegen der Cohäsion der Quecksilbertheile unter einander, ein Eintreten des Quecksilbers in die Röhre und dadurch verursachte Verstopfung derselben zu befürchten ist, so leuchtet es ein, dass dieser Apparat ohne Schwierigkeit bis zu der angegebenen, und wohl noch einer grösseren Empfindlichkeit in der Wirkung gebracht werden kann.

Detallirte Beschreibung des Thermostat.

Hiezu Tab. I. Fig. 1.

- A. Das Wasserbad; bestehend aus einem Kasten von verzinnem Eisenblech, dessen Boden sich in *a* befindet,
- b. das vierkantige Abzugsrohr von Eisenblech,
- c. die Klappe. Diese hängt an einer leicht drehbaren Welle, welche in der Figur nur durch einen Punkt angedeutet, und so lang ist, dass das eine, mit dem zweiar- migen Hebel *e* versehene Ende seitwärts unter dem Wasserbade hervorragt. Die Lager, in welchen sich die Welle dreht, sind in der Figur weggelassen.

Der Hebel *e* trägt mit dem einen Arme an einem seidenen Faden das kleine Trichterchen *f*, mit dem anderen Arme ein kleines Gegengewicht, welches gerade schwer genug sein muss, um den leeren Trichter heben, und zugleich die Klappe *c* über die Flamme der Lampe *d* bringen zu können. Es lässt sich leicht auf irgend eine beliebige Weise bewirken, dass die Klappe nur bis zu einer gewissen Weite vorgebracht werden kann, etwa bis sie mit dem Horizonte einen Winkel von 45° macht. Das Gegengewicht muss dagegen leicht genug sein, um durch das Trichterchen, sobald es mit Wasser

grösstentheils gefüllt ist, überwältigt werden zu können und der Klappe zu gestatten, die senkrechte herabhängende Stellung anzunehmen.

- f. Ein kleines, sehr leichtes, vor der Lampe ausgeblasenes Trichterchen, dessen Oeffnung durch einen aus baumwollnem Garn zusammengedrehten Docht soweit verstopft ist, dass nach dem Anfüllen des Trichters mit Wasser das Auströpfeln desselben nur langsam, etwa ein Tropfen pr. Sekunde, erfolgt, und welcher etwa $\frac{1}{2}$ " aus der untern Mündung des Trichters hervorragt. Statt des Dochtes dem Trichter eine sehr feine Oeffnung zu geben, ist wegen der leichten Verstopfung durch Staubtheilchen, Fäserchen und dergleichen nicht zulässig.

- g. Die Kugel des Luftthermometers. Man kann dazu sehr gut ein sogenanntes Digerir- oder Kochgläschen nehmen, von etwa 14 Cubikzoll Rauminhalt. Der Hals wird mit einem sehr guten, durchbohrten Kork verschlossen, die gläserne Röhre hindurch geführt, und ein, durch Kochen mit Wasser erweichter Hals eines Kaoutschoukfläschchens sehr fest übergebunden.

Die unter einem rechten Winkel gebogene Röhre reicht bis zu dem Punkte *i*, und ist in die etwas weitere, rechtwinklich gebogene, von der Büchse *h* herabkommende Röhre möglichst weit hineingesteckt, und durch Umbinden eines mit Aether benetzten Kaoutschoukstreifens luftdicht mit derselben verbunden.

- h. Eine hölzerne, oben offene, mit einem Schraubengange versehene Büchse, in welcher die massive Schraube *k*, genau passend, aber sehr leicht drehbar, nöthigenfalls bis auf den Boden hinab geschraubt werden kann, wodurch dann der ganze innere Raum der Büchse angefüllt ist. In den Boden dieser Büchse sind die beiden Röhren *i* und *l* mittelst Siegellack eingeschmolzen; die letztere dieser Röhren kann etwa $1\frac{1}{2}$ Linien im Lichten halten, ist unter einem Winkel von 60–70° gebogen und an dem einen Ende in einer, mit der obern Mündung der Büchse gleichen Höhe, wie die Figur

zeigt, erweitert, um hier als kleines Reservoir dienen zu können.

Der Zweck dieser Büchse besteht darin, ein Reservoir für das Quecksilber zu bilden, welches aus der Kugel des Luftthermometers getrieben wird. Durch die darin bewegliche Schraube ist es leicht, den Rauminhalt dieses Reservoirs jedesmal genau zu begränzen, so dass zwar das aus der Kugel getriebene Quecksilber gerade darin Platz findet, dass aber bei der geringsten Zunahme der Temperatur, wobei noch mehr Quecksilber ausgetrieben wird, dieses keinen Raum mehr findet, und somit genöthigt wird, das Quecksilber in der Röhre *l* zum Steigen zu bringen.

B. Eine Flasche, die mindestens 3 Pfund Wasser fassen muss. Der ziemlich weite Hals derselben ist durch einen luftdicht schliessenden Kork verschlossen, durch welchen vier Röhren geführt werden. Zwei derselben, *m* und *n*, endigen sich nahe unter dem Kork, und dienen nur dazu, die Flasche mit Wasser zu füllen, ohne sie von der Stelle rücken zu dürfen, indem beim Eintrichtern des Wassers durch die eine derselben, die andere der Luft einen Ausweg gestattet, worauf dann beide mit kleinen Korken verschlossen werden.

Das dritte Rohr *o* reicht fast bis auf den Boden der Flasche hinab und ist hier schräg abgeschliffen, an dem obern Ende aber rechtwinklich gebogen, und steht hier durch eine biegsame Röhre *p* mit dem gekrümmten und in eine feine Spitze von etwa $\frac{1}{10}$ Linie innerem Durchmesser ausgezogenen Glasröhrchen *q* in luftdichter Verbindung. Eine zu diesem Zweck brauchbare luftdichte biegsame Röhre verfertigt man äusserst leicht aus den bekannten spiralförmig gewundenen Messingfedern, um welche man einen mit Aether benetzten Streifen von dünnem Kaoutschouk legt und durch sehr fest umgewundene Seide befestigt.

Um die Spitze der Lufröhre *q* innerhalb der Röhre *l* genau feststellen zu können, stützt sich *q* gegen einen Träger *r* und wird durch eine umgeschlagene, dann durch den obern Theil des Trägers laufende und mittelst eines Wirbels *s* anziehende Schnur befestigt. Die vierte Röhre *l* endlich reicht ebenfalls bis fast auf den Boden der Flasche, und ist, wie die Figur zeigt, heberförmig gekrümmt. Das kurze, aufwärts ge-

bogene Ende derselben kann vor der Lampe etwas dünner gezogen werden, so dass die Oeffnung etwa $\frac{1}{2}$ Linie inneren Durchmesser behält; diese muss auf einem feinen Schleifsteine ganz gerade abgeschliffen werden.

Ein an der unteren Seite beledertes Stückchen Kork ist an dem oberen Ende eines Drathes befestigt, welcher mit zweien ringförmigen Biegungen die dünne Röhre leicht umschliesst, und dem Korne zur senkrechten Führung dient. Eine kleine sehr schwache Drathfeder hält den Kork von der Oeffnung der Röhre entfernt, so lange nicht der, mittelst eines Fadens *u* mit dem Trichter verbundene Drath abwärts gezogen, und dadurch die Röhre verschlossen wird. Es ist noch zu bemerken, dass sich die Mündung dieser Röhre senkrecht über dem Trichter befinden und ungefähr 1 Zoll tiefer liegen muss, als die untere schräge Mündung der Röhre *o*. Auch ist es nöthig, den Trichter möglichst nahe unter dem Hebel *e* anzubringen, um ein zu starkes Hin- und Herbaumeln desselben zu verhüten (in der Zeichnung ist er, der Deutlichkeit halber, sehr tief herabhängend dargestellt); ferner muss der Faden *u* genau so lang sein, dass das Trichterchen erst dann, wenn es seinen tiefsten Stand erreicht, die Mündung der Röhre durch Anziehen dieses Fadens verschliesst.

Die Kugel des Luftthermometers enthält so viel Quecksilber, dass sie bei der Temperatur von 100° beinahe, aber noch nicht völlig, leer, also bei gewöhnlicher Temperatur etwa so weit mit Quecksilber gefüllt ist, dass noch zwei Drittheile ihres Raumes mit Luft erfüllt bleiben. Auch die hölzerne Büchse, so wie die Röhre *l* sind mit Quecksilber versehen.

Das Luftthermometer kann auf die Art innerhalb des Wasserbades angebracht werden, dass sich die horizontale Röhre desselben durch ein kurzes, in die Seitenwand des Kastens eingeschraubtes oder eingelöthetes, und etwa 1'' nach Aussen vorstehendes Rohr erstreckt, und durch umgebundenes Kaoutschouck wasserdicht damit vereinigt ist. Hierdurch hat man zugleich die Bequemlichkeit, das Luftthermometer erforderlichen Falls leicht herausnehmen zu können. —

Gebrauch und Wirkungsart dieses Apparates.

1) Nachdem die Flasche mit kaltem Wasser, und das Wasserbad mit Wasser von der verlangten Temperatur bis zum

Bedecken des Luftthermometers angefüllt worden, nimmt man, wenn sich in der Büchse viel Quecksilber angesammelt haben sollte, so viel heraus, dass der Boden nur noch einige Linien hoch davon bedeckt bleibt, und schraubt nun die Schraube so weit hinein, dass sie nicht nur das Quecksilber berührt, sondern dasselbe in der Röhre l merklich in die Höhe treibt,

Um hierauf den Heber t mit Wasser zu füllen, verschliesst man die feine Luftröhre q mit dem Finger, während man durch die Röhre m Luft in die Flasche bläst. Nachdem diess beschafft ist, wird m wieder verkorkt. Nunmehr befestigt man die feine Luftröhre dergestalt innerhalb der Röhre l , dass ihre Mündung die Mitte der convexen Oberfläche des Quecksilbers gerade berührt, worauf man die Lampe anzündet und den Apparat sich selbst überlässt.

2) Es leuchtet ein, dass die Röhre t als Heber wirkt. Weil aber die Luft nur durch die bis auf den Boden der Flasche herabreichende Röhre o eindringen kann, so wird nach dem Principe des so äusserst sinnreichen Gay-Lussac'schen Filtrir- und Aussüss-Apparates *) der Druck und die Geschwindigkeit des ausliessenden Wassers einzig und allein abhängen von dem vertikalen Abstände der Ausflussöffnung und der untern Mündung der Röhre o , also immer dieselbe bleiben, die Flasche mag voll oder fast entleert sein. Wird nun das Ausfliessen des Wassers aus dem Heber durch Oeffnung der feinen Luftröhre gestattet, so füllt sich in wenigen Augenblicken der Trichter, sinkt herab, und verschliesst dadurch die Ausflussöffnung; inzwischen beginnt nun das allmähliche Auströpfeln durch den Docht, wobei der Trichter nach kurzer Zeit so weit entleert wird, dass er ein wenig steigt und die Oeffnung des Hebers frei macht, wodurch er dann sogleich wieder mit Wasser gefüllt wird, und von Neuem sinkt, während dessen die Lampe fortfährt, dem Wasserbade Wärme zuzuführen. Erst dann, wenn durch Absperrung der feinen Luftröhre der Heber kein Wasser mehr liefern kann, vermag das Trichterchen sich ganz zu entleeren, in die Höhe zu steigen, und die Flamme der Lampe in das Abzugsrohr zu leiten.

*) Eine Beschreibung desselben findet man in Berzelius Lehrbuch. 4. 2.

8) Da die Ausdehnung der Luft für jeden Grad C gleich ist 0, 00375 ihres Volumens bei 0°, so würden beim Steigen der Temperatur des Luftthermometers um 1°, die vielleicht darin enthaltenen 16000 Cubiklinien Luft um 60''' Cub zunehmen, und, im Fall die Röhre horizontal läge und 2,167''' □ innere Durchschnittsfläche hätte, das Quecksilber in derselben um 27,6''' fortgetrieben werden. Allein, weil diese Röhre nicht füglich horizontal liegen kann, sondern vertical oder schräg aufwärts gerichtet sein muss, so wird der aus dem Steigen des Quecksilbers erwachsende Druck auf die Luft des Thermometers rückwirken, und ein verhältnissmässig geringeres Steigen des Quecksilbers veranlassen. Die Weite, bis zu der das Quecksilber in der Röhre bei einer Erwärmung von 0° bis auf 1° C. fortgetrieben wird, findet sich aus der Formel

$$x = \frac{a \cdot b \cdot A}{\frac{b}{2} - \frac{A}{2} \sin \alpha + \sqrt{\left(\frac{A \sin \alpha - b}{2}\right)^2 + A a b \sin \alpha}} - A$$

worin x diese Weite, b den Barometerstand, a die Zahl 1,00375, A einen Bruch, dessen Zähler das Volumen der eingeschlossenen Luft, dessen Nenner die Durchschnittsfläche der Röhre, und α den Winkel bezeichnet, unter welchem die Röhre gegen den Horizont geneigt ist.

Bei dem nach meiner Angabe ausgeführten Thermostat ist $A = \frac{16000}{2,167} = 7383,479'''$, und $\alpha = 25^\circ$, woraus sich $x = 2\frac{4}{3}'''$ ergibt (für den mittleren Barometerstand von 336'''). Man ersieht aus dieser Formel, dass, je enger die Röhre im Verhältniss zu dem Inhalte der Kugel, und besonders, je kleiner der Winkel α genommen wird, um so grösser der Werth von x ausfällt.

4) Die Flamme der Spirituslampe muss sich natürlich nach der zu unterhaltenden Temperatur richten und braucht bei niederen Wärmegraden nur sehr klein zu sein. Bei höheren Temperaturen aber ist es nöthig, um zu grossen Wärmeverlust zu vermeiden, den Apparat nicht nur mit einem Deckel zu verschliessen, sondern diesen sowohl, wie auch die Seitenwände mit dick ausgepolsterten Ueberzügen zu bekleiden, welche auch bei niederen Temperaturen bleiben können. Nur bei solchen Wärmegraden, die den des Zimmers nicht viel übersteigen.

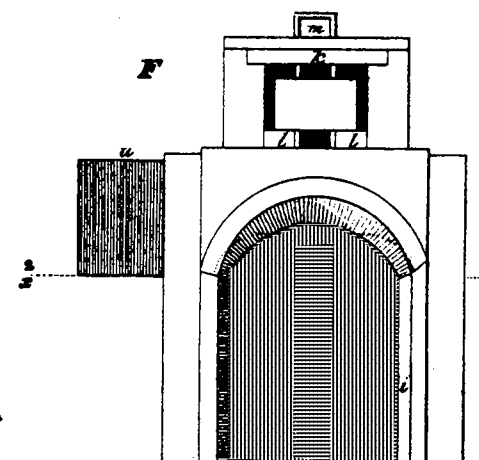
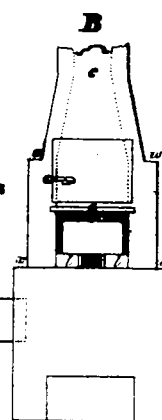
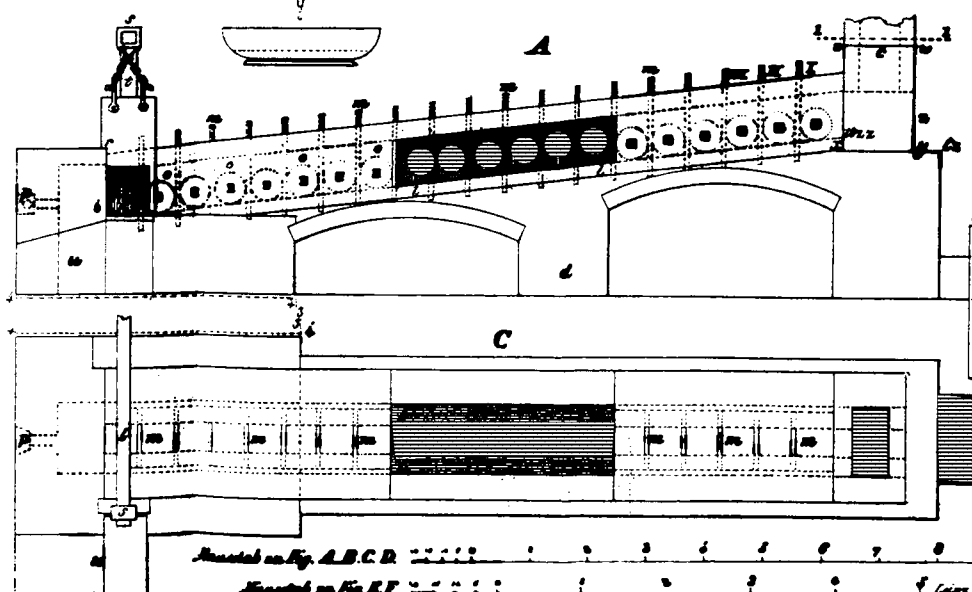
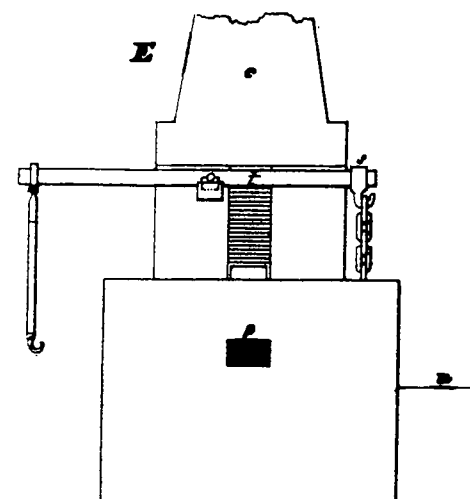
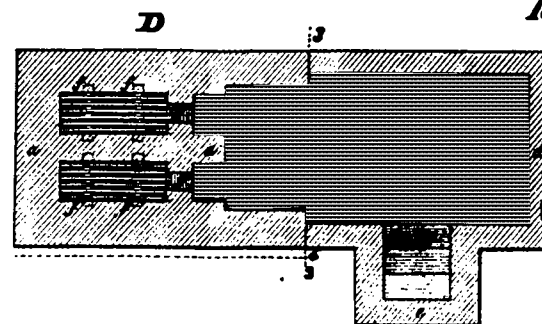
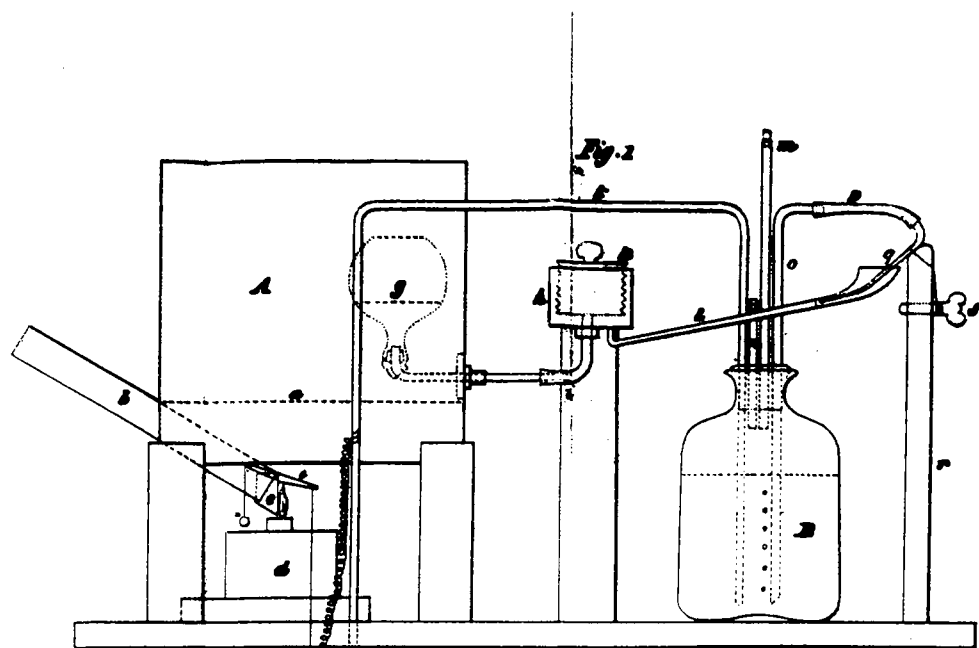
müssen diese Polster abgenommen werden, weil sonst auch bei bedeckter Lampe durch das erhitze Abzugsrohr eine Zunahme der Temperatur möglich ist.

5) Da bei höheren Temperaturen auf der Oberfläche des Wasserbades eine starke Verdunstung statt findet, so ist es nöthig, diesen Wasserverlust zu ersetzen, wozu sich der Gay-Lussac'sche Apparat zum Aussüssen, von welchem im Vorhergehenden schon eine Anwendung gemacht wurde, vorzüglich qualificirt. Der Heber kann durch eine Oeffnung im Deckel des Wasserbades reichen, und muss sich bis unter die Oberfläche des Wassers erstrecken. —

Die Haupt-Unvollkommenheit dieses Apparates liegt wohl darin, dass die Erwärmung des Wasserbades noch eine Zeit lang fortgeht, nachdem bereits die feine Lufröhre verschlossen ist; weil eines Theils das Trichterchen einige Zeit braucht, um sich zu entleeren, anderen Theils die in der Wasserflasche angesammelte Luft sich in Folge der Wirkung des Hebers ein wenig ausdehnen, und somit noch etwas Wasser nachfliessen lassen kann. Es ist daher rathsam, die Flasche nicht zu selten mit Wasser zu füllen; doch reichen die darin enthaltenen 3 Pfund Wasser hin, um nöthigenfalls (z. B. während der Nacht) den Apparat 10 bis 12 Stunden hindurch in Thätigkeit zu halten.

Liessen sich diese Unvollkommenheiten durch einfache Mittel vermeiden, so würden die Schwankungen der Temperatur wahrscheinlich noch bedeutend geringer ausfallen, als die bei der gegenwärtigen Organisation vorkommenden von fast $\frac{1}{2}^{\circ}$ C.

Ich schliesse diese Beschreibung mit der Bemerkung, dass ein jeder, dem nur der Gebrauch einer Glasblaselampe zu Gebote steht, sich den beschriebenen Apparat, bis auf wenige Theile, selbst verfertigen, und somit ohne bedeutende Kosten verschaffen kann.



Maassstab von Fig. A.B.C.D. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Lagen Ellen

Maassstab von Fig. E.F. 1 2 3 4 5 Lagen Ellen

Maassstab von Fig. G.H.I. 1 2 3 4 5 Lagen Ellen