

denklich die Spindel für praktische Zwecke wie bisher weiter putzen und gebrauchen dürfen.

Daraus möchte ich jedoch noch nicht folgern, dass auch die Normal-Aichungscommission so prüfen sollte, wie hier geschehen. Dieselbe wird meiner Ansicht nach am besten thun, die Spindeln bei  $0^{\circ}$  überhaupt nicht zu prüfen. Sie kann dies um so eher unterlassen, als zu Steuerzwecken so niedrige Spindeln nicht gebraucht werden, da es sich dabei nur um Syrup- und Melasseuntersuchungen handelt. Zu meiner Freude habe ich aus einer gelegentlichen Unterredung mit Herrn Regierungsrath Weinstein entnommen, dass die Normal - Aichungscommission in der That geneigt ist, die Nullpunktsprüfungen fallen zu lassen. Für concentrirtere Zuckerlösungen aber kommt die Herstellung des Zustandes der absoluten Reinheit weniger in Betracht, da deren Wulstbildung durch geringfügige Verunreinigungen lange nicht in dem Maasse beeinflusst wird, wie der Wulst an der Spindel in reinem Wasser.

Die für concentrirte Zuckerlösung noch vorhandenen Differeuzen zwischen den verschiedenen Beobachtungen müssen vorzugsweise auf die Abweichungen der amtlichen, noch unveröffentlichten Tabelle von den Gerlach'schen Werthen, auf welchen die Brix-tabelle beruht, zurückgeführt werden. Hoffentlich kommt auch in dieser Beziehung die Normal - Aichungscommission den von mir geäusserten Wünschen bald entgegen. Dankenswerth wäre es endlich noch, wenn die Behörde demnächst noch die Arbeits-instruction veröffentlichen wollte, nach welcher in dem ihr unterstellten Institute die Spindelprüfung vorgenommen wird.

### Erfahrungen mit dem Linde'schen Gegenstromapparat und Versuche mit flüssiger Luft.

Von  
Dr. Otto Müller.

Eine grössere Anzahl von Versuchen, welche wir mit dem Linde'schen Gegenstromapparat zur Verflüssigung der Luft unternommen haben, ergaben eine Reihe von Erfahrungen, die vielleicht für manchen, welcher einen solchen Apparat besitzt, nicht ohne Interesse sind, und deren Kenntniss auch für die Firma von Werth sein dürfte. Wir verdanken den Besitz der No. I (Leistung 0,75 l die Stunde) des Apparats der Güte eines hiesigen Grossindustriellen, des Herrn K. H. Haubold (Firma K. H. Haubold jr.),

dem wir auch an dieser Stelle Dank sagen.

Zunächst sei eine ausführliche Beschreibung des Gegenstromapparats gegeben. Ein Torpedobootcompressor *K* (Fig. 197<sup>1</sup>) von Whitehead saugt Luft an und presst sie zunächst im Niederdruckzylinder *N* auf etwa 15 Atm. zusammen, drückt sie dann in den Hochdruckzylinder *H*, wo sie auf 200 Atm. comprimirt wird, und treibt sie unter diesem Druck in den eigentlichen Gegenstromapparat *G*. Da die Kolben des Compressors mit Vulcanfibermanschetten versehen sind, so wird, um eine zu starke Erhitzung derselben zu vermeiden und um etwaige schädliche Räume auszufüllen, am Niederdruckzylinder durch den Hahn *h* Wasser angesaugt; beide Cylinder

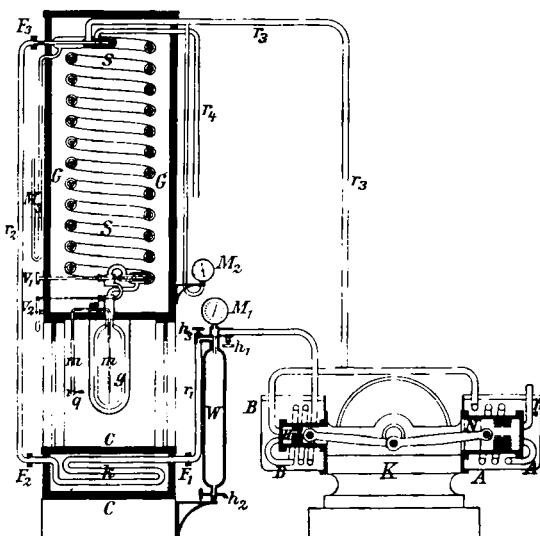


Fig. 197.

werden ausserdem mit Wasser, welches in den Kästen *A* und *B* circulirt, gekühlt. Das angesaugte Wasser muss entfernt werden, da sonst bei den niedrigen Temperaturen der gauze Apparat sehr bald völlig zufrieren würde. Zu diesem Zwecke gelangt die comprimirte Luft zuerst in den Wasseraabscheider *W*, in welchem der grösste Theil des mitgerissenen Wassers sich ansammelt und durch den Hahn *h*, abgelassen wird. Von hier geht die Luft durch das Rohr *r*<sub>1</sub> und die Schlanke *k*, welche in einem Kältemisch liegt, und in der die letzten Reste Wasser ausfrieren. Nun geht die Luft durch das mit Kork umkleidete Rohr *r*<sub>2</sub> nach der dreifachen Spirale aus Kupferrohr *S* und gelangt zunächst in das innerste der drei ineinandergeschobenen Rohre. Hier expandirt sie durch das erste Regulirventil *V*<sub>1</sub> in den Zwischenraum zwischen dem innersten

<sup>1)</sup> Natürlich ist die Zeichnung der Ventile und Manometer eine rein schematische.

und dem zweiten Rohr, indem ihr Druck vom etwa 200 Atm. auf etwa 15 sinkt. Sie kühlte sich dabei stark ab und erniedrigt, indem sie im zweiten Rohr wieder nach oben strömt, die Temperatur der im innersten Rohr ihr entgegenströmenden stark comprimirten Luft. Nun geht die Luft durch das Rohr  $r_3$  wieder nach dem Compressor, wird dort wieder angesaugt, abermals auf 200 Atm. comprimirt und wiederum durch Wasserabscheider, Schlangenrohr und innerste Spirale nach dem ersten Ventil  $V_1$  und der zweiten Spirale geschickt, um diesen Weg immer wieder von Neuem zu durchlaufen. Sobald die Drucke die richtigen Werthe erreicht haben, hat man auch das zweite Ventil  $V_2$  zu öffnen, wodurch die Luft von 15 Atm. auf den augenblicklichen Luftdruck expandirt; sie strömt dann, da  $q$  geschlossen ist, durch die dritte Spirale nach  $r_4$  und von da in die Luft. Bei dieser Expansion erfolgt eine weitere Abkühlung, die Luft in der dritten Spirale kühlte ihrerseits wieder die Luft in der zweiten Spirale und so erniedrigt sich schliesslich die Temperatur bis  $-160^{\circ}$  etwa. Ist dieser Punkt erreicht, so beginnt die Luft, indem sie sich immer weiter abkühlt, zuerst im Gefäss  $g$  Nebel zu bilden. Sodann verflüssigt sie sich unmittelbar hinter  $V_2$  und läuft beim jedesmaligen Öffnen dieses Ventils nach dem Gefäss  $g$ , aus welchem sie dann durch das Rohr  $m$  abgezogen wird, indem man durch leises Öffnen des Ventils  $V_2$  etwas Überdruck gibt.

Für den Betrieb ist aber mit dieser einfachen Erklärung des ganzen Verfahrens noch nicht alles gesagt. Zunächst ist wichtig, zu constatiren, dass alle Dichtungen wirklich schliessen. Ist dies nicht der Fall, so ist sofort zu unterbrechen und die betreffende Stelle zu dichten. Am Compressor merkt man Undichtigkeiten nach Aussen sehr leicht daran, dass in den Wasserkästen  $A$  und  $B$ , welche die Cylinder der Kühlung wegen umgeben, Luftblasen aufsteigen. Ist dies der Fall, so sind entweder die Schrauben der Verschlussdeckel nachzuziehen, oder, wenn dies nicht hilft, neue Dichtungen einzusetzen. Bei den anderen Dichtungen (es sind dies die Verbindungen des Rohres  $r_1$  mit der Schlaue  $k$ , der Schlaue  $k$  mit dem Rohr  $r_2$ , des Rohres  $r_2$  mit der Spirale  $S$ ) bemerkt man bei nicht dichtem Schluss das Ausblasen der Luft durch das Gehör, oder, wenn dieses Geräusch durch den Lärm des Motors und des Compressors und des aus dem Hahn  $h_3$  immer ausströmenden Wassers übertönt werden sollte, mit Hilfe eines Gummischlauchs, dessen eines Ende man ins Ohr steckt,

während man das andere um die Dichtung herumführt. Es ist aber zu empfehlen, um ein Zufrieren des Apparats und namentlich der Ventile sicher zu vermeiden, zunächst nur die Schrauben der Dichtung bei  $F_1$  fest anzuziehen und die bei  $F_2$  offen zu lassen, sodann den Hahn  $h_3$  zu schliessen und den Druck bis etwa 75 Atm. steigen zu lassen. Öffnet man dann plötzlich den Hahn  $h_3$ , so wird das etwa im Schlangenrohr  $k$  noch befindliche Wasser bei  $F_2$  herausgeblasen. Dieses Verfahren setzt man so lange fort, bis ein bei  $F_2$  vorgehaltenes Blech keinen Beschlag von herausgeblasenem Wasser mehr zeigt, erst dann schliesst man auch die Dichtung bei  $F_2$ . Jetzt beginnt der eigentliche Betrieb. Man schliesst beide Regulirventile und lässt den Druck im Manometer  $M_1$  bis gegen 150 oder 175 Atm. steigen, was sehr rasch erfolgt. Sodann öffnet man das Regulirventil  $V_1$  und stellt es so ein, dass der Druck im zweiten Manometer  $M_2$  auf 15 Atm. stehen bleibt, während er im ersten Manometer  $M_1$  steigt. Hat er dort 180 bishöchstens 200 Atm. erreicht, so öffnet man rasch und nur auf Augenblitze das zweite Regulirventil  $V_2$ , um die Drucke zu reguliren. Hilft dies noch nicht genügend, so kann man es für mehrere Minuten ein klein wenig offen lassen (ein Quecksilberdruck von 1 bis 2 cm im Manometer  $M_3$  genügt schon), bis die Drucke wieder dierichtige Höhe haben. Durch stetiges Beobachten der beiden Manometer  $M_1$  und  $M_2$  und der Temperatur mit Hilfe des Thermoelements überzeugt man sich vom regelmässigen Functioniren des Apparates und controllirt nötigenfalls die Dichtungen. Halten sich die Drucke aber nicht auf der richtigen Höhe von 180 bis 200 und etwa 15 bis 17 Atm., so muss man nach anderen Störungen suchen, deren Auffindung mitunter nicht leicht ist. Allgemeine Regeln lassen sich hier nicht geben. Zunächst wird sich empfehlen, die Stopfbüchse des Ventils  $V_1$  nachzusehen, die einigemale bei uns der Störenfried war. Ist alles in Ordnung, so wird man nach ungefähr  $\frac{5}{4}$  Stunden eine Temperatur von  $-160^{\circ}$  ablesen und nach  $1\frac{1}{2}$  Stunden in dem Gefäss  $g$  bei Öffnung des Ventils  $V_2$  eine Nebelbildung beobachten. Nach einigen Minuten kommen dann die ersten Tropfen flüssiger Luft, die aber bald wieder verschwinden, weil sich das Gefäss  $g$  erst abkühlen muss, indem sie eine weisse Schicht fester Kohlensäure hinterlassen. Endlich fängt die Luft an, an dem Glasrohr  $m$  herunterzulaufen, schliesslich auch an den Wänden des Gefäßes, und nach etwa 2 Stunden kann man, wenn alles gut geht, auf regelmässigen Betrieb rechnen. Der Apparat liefert dann in etwa einer Stunde

0,75 l flüssige Luft. Sehr wesentlich ist für einen regelmässigen Betrieb, dass man im Wasserabscheider  $W$  nicht zu viel Wasser sich ansammeln lässt, man muss vielmehr das Wasser dort recht oft ablassen. Sammelt sich zu viel Wasser, so steigt der Druck dort sehr stark an und fällt beim Ablassen des Wassers beträchtlich. Es gibt dies sehr störende Druckschwankungen, die man im Interesse eines möglichst regelmässigen Betriebes lieber vermeidet. Es ist sogar empfehlenswerth, den Hahn  $h_2$  so zu stellen, dass continuirlich etwas Wasser abfließt. Ja es schadet sogar nichts, wenn aus diesem Hahn etwas Luft mit ausgeblasen wird, was unter lebhaft zischendem Geräusch geschieht. So lange der Druck im Manometer  $M_1$  dabei nicht heruntergeht, kann man sich dies trotz des etwas unangenehmen Lärms gefallen lassen. Jedenfalls ist dies einer grösseren Wasseransammlung im Wasserabscheider vorzuziehen. Sollte sich der Druck trotz reichlicher Öffnung des Ventils  $V_2$  in beiden Manometern zu stark steigern, so wird man durch Öffnung des Hahns  $h_2$  immer die richtige Regulation erreichen können. Jedoch soll ein regelmässiger Betrieb möglichst ohne diesen Nothbehelf erreicht werden. Das Gefäss  $g$  fasst etwa 300 bis 400 cc. Man thut gut, sein Volumen nicht ganz auszunutzen, weil die flüssige Luft, namentlich wenn das Gefäss  $\frac{2}{3}$  voll ist, sehr stark aufzukochen beginnt und dadurch bedeutende Verluste an flüssiger Luft, entstehen. Man füllt dann ab, indem man den Quetschhahn  $q$  wegnimmt und durch vorsichtiges Öffnen des Ventils  $V_2$  einen kleinen Überdruck gibt. Dabei ist  $r_4$  mit dem Daumen oder auf andere Weise zu schliessen. Je nach Bedarf lässt man die flüssige Luft direct auslaufen, oder filtrirt sie durch ein gewöhnliches Faltenfilter aus Filtrirpapier, um sie von der in ihr schwimmenden festen Kohlensäure zu befreien. Will man den Betrieb einstellen, so öffnet man zuerst den Hahn  $h_1$  und lässt dann den Compressor durch Ausschalten des Motors oder Umlegen des Riemens auf die Ruhescheibe still stehen. Die comprimirte Luft entweicht dann mit grossem Geräusch, eventuell kann man auch noch den Hahn  $h_2$  öffnen, wenn man das Zurückgehen des Druckes beschleunigen will. Hat man überall Luftdruck, so nimmt man das Schlangenrohr  $k$  heraus, lässt es aufthauen, giesst das Wasser durch geeignetes Wenden des Rohres heraus und setzt dann an seinem Ende  $F_1$  ein zur Wasserluftpumpe führendes Rohr an, während man  $m$  mit einem Schwefelsäuretrockenapparat verbindet und  $r_4$  verschliesst, während die Ventile  $V_1$  und  $V_2$  geöffnet werden.

Auf diese Weise lässt man eine Nacht hindurch trockne Luft durch den Apparat geben, welche zunächst alle Theile erwärmt, etwaiges angesetztes Eis aufthaut und schliesslich das Ganze austrocknet. Unterdessen nimmt man die Verschlussdeckel der beiden Cylinder des Compressors ab und die in diesem befindlichen Ventile auseinander, putzt sie, ölt sie frisch und setzt das Ganze wieder zusammen. Der Apparat ist dann zu neuem Betrieb fertig. Das Putzen des Compressors zu unterlassen empfiehlt sich nicht, weil die stark strapazirten Ventile bei nicht genügend sorgfältiger Behandlung so schwere Störungen veranlassen können, dass eine grössere Reparatur, wie Nachschleifen oder Ersatz der Ventile nöthig wird. Ebenso sind die stählernen Spiralfedern der Ventile der Möglichkeit des Rostens wegen neu zu ölen.

Ehe zu Versuchen mit flüssiger Luft übergegangen wird, seien hier einige Bemerkungen über den Apparat eingeschaltet.

Zunächst ist zu bemerken, dass die hier gegebenen Vorschriften für die Bedienung des Apparats in einigen Punkten von der Gebrauchsanweisung, welche die Firma selbst gibt, abweichen. Die Firma schreibt z. B. vor, zu Beginn in oben geschilderter Weise die Kühlslange auszublasen, nach jeder längeren Betriebspause aber dasselbe mit dem Gegenstromapparat, d. h. den drei Kupferspiralen  $S$  vorzunehmen. Sie setzt hinzu: „natürlich darf hierbei hinter dem ersten Regulirventil und in der Glasflasche der normale Druck nicht überschritten werden“. Wie schon bemerkt, unterlassen wir dies letztere und trocknen den Apparat lieber aus, indem wir trockene Luft durchsaugen. Das Ausblasen des Gegenstromapparats hat seine Nachtheile. Einmal können die beiden Regulirventile nicht vorher eingestellt werden und die Sicherheit, dass der Druck im Innern nicht über die zulässigen Grenzen hinausgeht, wird sich vielleicht bei der Spirale, aber nicht bei der Glasflasche geben lassen, bei der man ohnehin vorsichtig sein muss, da hier ein Druck von einer reichlichen Atmosphäre von innen nach aussen wirkt. Jedenfalls erscheint dieses Verfahren gefährlich. Denn wenn das Gefäss platzt, so hat man nicht nur diesen verhältnissmässig theuren Theil zu ersetzen, sondern auch frisch und luftdicht einzukitten, eine Arbeit, die jedenfalls keine leichte und rasch zu erledigende ist. Auf alle Fälle ist das Austrocknen das absolut sichere und wohl auch das einfachste Mittel, welches nach unseren Erfahrungen ganz gut in jeder Nacht erfolgen kann, ohne den Betrieb am andern Morgen zu stören. Allerdings er-

wärmt sich der Apparat dabei und muss sich beim neuen Betrieb wieder abkühlen, aber dies ist der absoluten Sicherheit, dass der Zweck ohne Gefahr erreicht ist, gegenüber jedenfalls ein kleiner Nachtheil. Für das Ausblasen muss ja der Apparat ohnehin auch warm sein. Wenn beim Ausblasen das Glasgefäß springt, so macht dies ganz gewiss eine grössere Störung als die rasch hergestellte, neue Abkühlung, die vielleicht eine Stunde Zeit braucht. Ausserdem hat man den Vortheil, dass man bei genügender Vorsicht (Einschaltung einer geräumigen leeren Waschflasche zwischen  $m$  und der Schwefelsäure) sich garnicht um den Fortgang des Trocknens zu kümmern braucht. Schliesslich genügen etwa 6 Stunden vollständig, um das Austrocknen zu besorgen. Ausserdem ist zu beachten, dass beim Austrocknen der Luftstrom vom Glasgefäß  $g$  nach der Kühlslange zu geht, also die Ventile zuerst getrocknet werden. Diese Vortheile sind umso mehr zu betonen, da die Firma verschiedene Reclamationen wegen mangelhaften Arbeitens des Apparates durch erneuten Hinweis auf das Ausblasen der Spiralen beantwortet hat.

Für den Beginn des Betriebes schreibt die Gesellschaft vor, schon bei 50 Atm. das erste Regulirventil  $V_1$  zu öffnen, und wenn der Hochdruck 200 Atm. erreicht hat, das zweite Ventil  $V_2$  dauernd offen zu lassen. Wir sind von diesem Verfahren abgewichen, weil man rascher zum Ziele kommt. Denn sobald das erste Regulirventil geöffnet ist, steigt der Hochdruck naturgemäss langsamer. Er geht zwar beim Öffnen etwas herunter, jedoch ist dies nicht erheblich und schadet jedenfalls nicht so viel, wenn es schon bei verhältnissmässig hohen Drucken im Manometer geschieht als bei 50 Atm. Wir haben mit unserer Methode stets gute Erfahrungen gemacht. Das dauernde Öffnen des zweiten Regulirventils verbot sich bei uns von selbst dadurch, dass der Druck in beiden Manometern dann sehr bald so stark herunterging, dass das Ventil wieder geschlossen werden musste, wenn man die Drucke auf der richtigen Höhe haben wollte. Dies trat selbst bei ganz vorsichtiger Öffnung des Ventils  $V_2$  ein, deren Grösse durch das Manometer  $M_3$  regulirt und in ganz niedrigen Grenzen (wenige Millimeter) gehalten wurde. Sogar wenn man das Ventil  $V_2$  einmal nicht ganz fest schloss, zeigte sich sofort eine Druckabnahme. Ein Zufrieren des Ventils  $V_1$  durch Eis ist uns im Anfang überhaupt nie passirt, später hatten wir dort, aber niemals beim zweiten Ventil  $V_2$ , mit fester Kohlensäure Schwierigkeiten, die sich aber rasch

beseitigen liessen, wenn man das erste Ventil schloss und den Kohlensäureschnee so zerdrückte. Zugefroren ist uns der Apparat nur ein einziges Mal, als uns die Dichtung bei  $F_1$  undicht wurde und wir den Apparat anhalten mussten, um eine neue einzusetzen. In den wenigen Minuten, welche diese Arbeit beanspruchte, hatte sich das Ventil  $V_1$  verstopt.

Ferner benutzen wir als Kältegemisch nicht, wie die Firma vorschlägt, Chlorcalcium und Eis, sondern das billigere und bequemere gewöhnliche Gemisch von Viehsalz und Eis. Wir haben auch hier im Vorschlag der Gebrauchsanweisung keinen Vortheil gesehen. Chlorcalcium muss trocken aufbewahrt werden und das Gemisch hat auch sonst unangenehme Eigenschaften. Das Viehsalz-Eisgemisch ist billiger, viel einfacher herzustellen und leistet dieselben Dienste. Man thut gut, nicht zu viel Viehsalz zu nehmen, da sich dieses sonst auf dem Boden absetzt und dort einen dicken unangenehmen Brei bildet, den man sonst von Zeit zu Zeit mit einem Löffel entfernen musste. Uns ist es auch mit verhältnissmässig wenig Salz gelungen, die Temperatur unter der Grenze von  $-15^{\circ}$  zu halten, was vollkommen genügt. Steigt sie über diese Grenze, so hat man das Gemisch zu erneuern. Jedoch ist dies bei uns höchstens stündlich einmal und nicht 2 bis 3 mal, wie die Gebrauchsanweisung sagt, nöthig. Natürlich wird sich empfohlen, das Gemisch öfters mit dem Thermometer zu controliren und umzurühren. Das Schmelzwasser lässt man durch einen am Kasten  $C$  angebrachten, in der Figur 197 nicht gezeichneten, Hahn ab.

Es ist uns gelungen, in den meisten Fällen die normale Leistung, d. h.  $\frac{3}{4} l$  flüssige Luft die Stunde zu erreichen. Dass dies nicht immer mit Sicherheit möglich ist, dass man sich also nicht mit völliger Ruhe auf das regelmässige Functioniren des Apparates verlassen kann, liegt an einigen zum Theil recht erheblichen Mängeln der Construction.

So waren die Dichtungen der Flanschen bei unserm Apparat in sehr mangelhaftem Zustande. Sie bestanden zum Theil aus Vulcanfiberringen, zum andern Theil waren es Bleidichtungen. Am Compressor haben wir schliesslich alle Vulcanfiberdichtungen, da sie sehr bald zerdrückt waren, durch Bleidichtungen ersetzt. Hier war der Mangel auch nicht auffallend. Aber die Möglichkeit, einen Druck von 200 Atm. durch glatte Bleiringe, die zwischen die Flaschen  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  gebracht werden, abzudichten, besteht keinesfalls. Bereits der Monteur hatte hier die

grössten Schwierigkeiten und auch später wurde alle Augenblicke etwas undicht. Es ist dies eine so bekannte Erfahrung der gesammten Technik, dass es nicht verständlich erscheint, wie die Firma solche Dichtungen noch liefern kann. Auch die Dichtungsflächen waren nicht alle in gutem, eine sogar direct in schlechtem Zustande. Nachdem dem letzten Mangel abgeholfen war, verwendeten wir die bekannten Kupferringe von dem in Fig. 198 gezeichneten Querschnitt, welche nur mit den scharfen Kanten *k* aufliegen und ein Aufpressen unter sehr bohem specifischen Druck gestatten. Nach

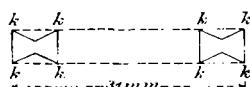


Fig. 198.

jeder Betriebspause werden die Ringe bei  $F_1$  und  $F_2$  durch neue ersetzt. Man braucht dabei die Schraubenmuttern nicht aussergewöhnlich fest anzuziehen. Die Kanten *k* drücken sich dabei etwas breit (etwa 1 bis 1,5 mm). Dieses Verfahren hat sich bei uns ausgezeichnet bewährt. Noch besser wären vielleicht Kupferlinsen oder eine andere neuere Form der Dichtungen. Unsere Ringe haben einen Durchmesser von 31 mm und werden durch übergeschobene Lederringe in der Vertiefung des einen Flansches centriert.

Auch die beiden Regulirventile zeigen Mängel. Das erste,  $V_1$ , ist durch einen stählernen Steckschlüssel drehbar. Der Zapfen sitzt in einem dicken Hartgummiring der Wärmeisolation wegen und durch eine mit Asbestschnur gedichtete Stopfbüchse ist er dann in das Innere der Spirale geführt. Die Stopfbüchse ist unbedingt verbessерungsfähig. Es war für den Monteur bereits eine Schwierigkeit, diese Stopfbüchse dicht zu bekommen. Später haben wir, nachdem dort lange Zeit keine Undichtheit eingetreten war, die Erfahrung gemacht, dass das Ventil sich leicht festfrisst. Die Ursache liegt jedesmal in der Stopfbüchse, denn das Ventil kann sich in jeder beliebigen Stellung, mag es ganz offen sein oder ganz geschlossen oder in irgend einer Zwischenstellung, festfressen, und es macht sich dann stets nötig, die Schraubenmutter der Stopfbüchse zu lockern oder gar ganz abzunehmen, ehe das Ventil wieder beweglich wird. Wegen des zwischengeschalteten Ebonitstücks ist eine Anwendung zu starken Druckes auf den Steckschlüssel des Ventils, um es mit Gewalt zu drehen, ausgeschlossen, wenn man nicht riskiren will, den spröden Hartgummi abzudrehen.

Das zweite Ventil  $V_2$  wird mit einem Hebel aufgedrückt, welcher durch eine Feder wieder zurückgedrückt werden soll. Ausserdem ist ein Rädchen aus Rothguss da, das nach Art einer Mikrometerschraube ein feines Einstellen des Ventils ermöglichen soll. Obwohl wir mit diesem Ventil niemals irgend eine Schwierigkeit gehabt haben, ist doch zu sagen, dass die Feder ganz und gar zwecklos ist. Sie ist bei unserm Apparat so schwach, dass sie bei geschlossenem Ventil nicht einmal an dem Hebelgriff anliegt. Um das Ventil zuzudrücken, müsste sie viel stärker sein, wahrscheinlich so stark, dass das Öffnen des Ventils erheblich erschwert werden würde. Man muss also den Hebel mit der Hand zurückziehen, um das Ventil zu schliessen und dabei wirkt die Feder sogar direct hinderlich, sodass wir die Absicht haben, sie ganz wegzunehmen. Das zur feinen Einstellung dienende Regulirräddchen wird bei uns während des Betriebes fast nie gebraucht. Nur beim Abfüllen der flüssigen Luft aus dem Glasgefäß *g* setzen wir es in Thätigkeit, wobei aber, eben wegen der gänzlich unzureichenden Federwirkung, der Griff des Hebels stets mit der Hand gegen das Schraubenräddchen gepresst werden muss, was allerdings auch unbequem ist. Hier ist aber sonst die Regulirung durch eine Schraube ganz zweckmässig. Für die Benutzung zur Druckregulation ziehen wir momentanes, aber fast vollständiges Öffnen des Ventils vor, was wir durch kurzen kräftigen Druck auf den Hebel und sofortiges Zurückziehen desselben erreichen.

Der Kasten *C*, in welchem sich das Kältegemisch und die Kühlslange befindet, besteht aus Holz und ist innen mit Blech ausgeschlagen. Zwischen Holz und Blech ist, der besseren Wärmeisolation wegen, Filz eingelegt. Da aber der obere Abschluss des Blechkastens gegen den Holzkasten nicht wasserdicht ist, so sog sich der Filz wie ein Schwamm voll Wasser, wodurch die Wärmeisolirung natürlich aufgehoben war. Wir haben den Filz daher ganz entfernt und halten es für besser, ihn überhaupt von vornherein fortzulassen. Der Hahn mit Hilfe dessen aus dem Kasten *C* das Schmelzwasser abgezogen werden kann, sitzt nicht, wie es allein zweckmässig wäre, am Boden, sondern an der Seite und zwar in solcher Höhe, dass eine mehrere Centimeter hohe Schicht Wasser im Kasten stehen bleibt. Wir benutzen daher einen weiten Heber, um während des Betriebes das Schmelzwasser zu entfernen, ein allerdings unbequemes Auskunftsmittel, das uns aber allein

übrig blieb, da wir sonst einfach einen neuen Kasten hätten anfertigen müssen. Es wäre auch leicht gewesen, an der tiefsten Stelle der Kühlslange einen Ablasshahn für das dort ausgefrorene Wasser anzubringen, um nach dem Aufthauen des dort angesetzten Eises nicht die Schlange erst durch kunstvolles Hin- und Herdrehen vom Wasser entleeren zu müssen.

Die dreifache Kupferspirale  $S$  steckt dicht in Wolle gepackt in einem cylindrischen Holzkasten. Der Theil, in dem die Ventile sitzen, ist in einem unter dem cylindrischen Holzkasten befindlichen etwa würfelförmigen Holzkasten untergebracht und ebenfalls dicht in Wolle eingepackt. Sobald man, wie es uns des Öfteren passirte, genöthigt ist, an der Stopfbüchse des Ventils  $V_1$  zu corrigiren, muss man die Wollpackung natürlich entfernen. Sie ist so dicht, dass es uns überflüssig erschien, alle herausgenommene Wolle wieder hineinzupropfen. Ausserdem muss man mit äusserster Vorsicht dabei vorgehen, weil die dünnen Drähte des Thermoelements ohne irgend einen weiteren Schutz und sei dies auch nur ein Gummischlauch oder ein Ebonit- oder Glasrohr, einfach durch die Wollpackung durchgehen. Es ist übrigens ausser diesem unbegreiflichen Mangel ganz überflüssig, die Wolle so dicht zu stopfen. Der beste Isolator sind bekanntlich Lufschichten, wie Prof. Russner nachgewiesen hat; die Wärmeisolation wird kaum dadurch besser, dass man die Packung so übertrieben dicht stopft. Um aber leichter an die Ventile herankommen zu können, empfiehlt es sich vielleicht, die Wolle in Pappkästen, deren Form natürlich genau der Gestalt der abzudichtenden Theile angepasst werden müsste, um Luftcirculationen möglichst zu vermeiden, zu packen und von zwei gegenüberliegenden Seiten je einen hineinzuschieben. Diese Kästen liessen sich dann leicht herausziehen und wieder einschieben und die Isolation wäre doch erreicht. Jedenfalls müsste die Möglichkeit vorliegen, an die Ventile zu gelangen, ohne dass man die ganze Wolle erst herausnehmen muss. Der quadratische Holzkasten ist mit zwei Verschlussdeckeln versehen, welche nach unten herauszuziehen sind und deren jeder durch vier lange dicke Schraubenbolzen festgehalten wird, ein Luxus, der hätte erspart werden können, da es sich nicht darum handelt, die Deckel möglichst fest anzuziehen. Einfache Vorstecker oder ein an der äusseren Wand des Kastenbodens angebrachtes Stück Holz hätte den Zweck auch erfüllt. Die Deckel legen sich gegen Kautschukstreifen, die einen dichten Abschluss

geben sollen. Diese gänzlich überflüssigen Streifen, die doch kaum zur besseren Wärmeisolation beitragen können, kleben mit der Zeit an den Deckeln fest und erschweren das Herausziehen derselben ganz ausserordentlich. Sie sind besser wegzulassen.

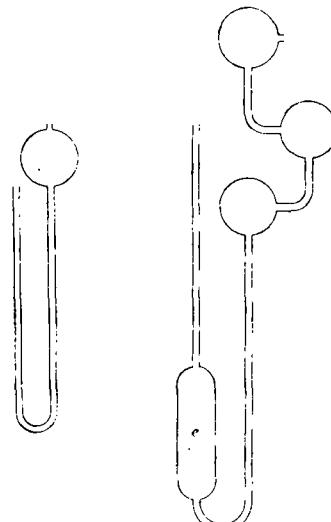


Fig. 199.

Fig. 200.

Ebenso ist das Manometer  $M_3$  in der von der Firma gelieferten Gestalt (Fig. 199) gänzlich unbrauchbar. Es wird bei jeder Öffnung des Ventils  $V_2$  das Quecksilber aus dem kleinen Loch an der Oberseite der Kugel herausgeschleudert. Wir haben diesem Manometer die in Fig. 200 dargestellte Form gegeben, welche ein Herauswerfen des Quecksilbers unmöglich macht. Denn einmal ist der Erweiterung  $e$  wegen die Masse des Quecksilbers ziemlich gross und der Widerstand dort, wo sich das enge Rohr an das untere Ende dieser Erweiterung ansetzt, sehr bedeutend, so dass das Quecksilber nur bis eben in die erste Kugel getrieben wird. Sodann aber müsste es, ehe es wirklich aus dem Manometer herausgeschleudert werden könnte, erst dreimal seine Bewegungsrichtung um einen Winkel von  $90^\circ$  ändern. Zum Schutz gegen Abbrechen des Manometers bei etwaigem Anstossen mit der Hand während des Betriebes dient ein Käfig aus starkem Messingdraht.

*[Schluss folgt.]*