VIII. *Absolute barometrische Bestimmungen
unter Controle des Vacuums durch electrische
Lichterscheinungen;
von Leo Grunmach.*

(Hierzu Taf. V Fig. 6 u. 7.)

(Auszug des Hrn. Verfassers aus den von der Kaiserl. Normal-Aichungs-Commission herausg. Metronomischen Beiträgen Nr. 4. Berlin 1883.)

I. Einleitung.

Die angewandte Methode, welche in Kürze bereits in den Metronomischen Beiträgen Nr. 3 beschrieben ist¹⁾, beruht auf den electrischen Entladungserscheinungen in einer an dem sogenannten Vacuum einer Barometerröhre angeschmolzenen Geissler'schen Röhre; diese Entladungserscheinungen gewähren uns noch über die höchsten Grade der Verdünnung, zu deren Bestimmung selbst die besten der für die Druckmessung von Gasen üblichen Instrumente nicht mehr hinreichen, genügenden Aufschluss. Zwar sind, für geringe Drucke wenigstens, bestimmte quantitative Beziehungen zwischen den Aenderungen der Entladungserscheinungen in Geissler'schen Röhren und den Aenderungen der absoluten Drucke der in ihnen eingeschlossenen Gase noch nicht festgestellt. Ja die vielfach verbreitet gewesene Ansicht, dass der höchste erreichbare Grad der Verdünnung in einer Vacuumröhre dadurch charakterisirt werde, dass die Röhre für electrische Entladungen vollkommen undurchlässig sei, bedarf nach den neueren Untersuchungen insofern einer Modification oder Ergänzung, als der Durchgang der Electricität wesentlich durch die Beschaffenheit der Electroden bedingt ist, sodass z. B. durch eine mit der Quecksilberluftpumpe in Verbindung stehende Geissler'sche Röhre mit drahtförmigen Electroden von einem bestimmten Momente des Evacuirens an electrische Entladungen nicht mehr hindurchgehen, während bei demselben Grade der Verdünnung

1) Metronomische Beiträge Nr. 3. Thermometrische Untersuchungen. Herausg. von W. Foerster. Berl. 1881. (Siehe die Vergleichen von Quecksilberthermometern mit dem Luftthermometer von Dr. L. Grunmach, p. 46—47.)

ein Electricitätsdurchgang sehr wohl noch stattfinden kann, wenn man die drahtförmigen Electroden *ceteris paribus* durch kugel- oder cylinderförmige ersetzt. Indessen kann das Auftreten gewisser Erscheinungen, wie das nur noch vereinzelte Hindurchgehen der Electricität bei verhältnissmässig starken Inductionsströmen, oder das Fluoresciren der Röhre mit Sicherheit als ein Maass für ein Barometervacuum¹⁾ angesehen werden, da in diesem Falle bei weiter fortgesetztem Evacuiren trotz der überraschend grossen Mannigfaltigkeit in den dabei eintretenden optischen Veränderungen der Entladungserscheinungen, welche offenbar als eine Folge der weiteren Druckabnahme zu betrachten ist, kathetometrisch mit den uns zu Gebote stehenden Messinstrumenten diese Druckabnahme in keiner Weise mehr constatirt werden konnte. Diese aus den optischen Veränderungen allein gefolgerte weitere Druckabnahme muss deshalb unterhalb der Genauigkeitsgrenze, mit welcher die verticalen Längen der Quecksilbersäulen kathetometrisch bestimmt werden konnten, liegen, und demgemäss auch unterhalb der Genauigkeitsgrenze, welche wir bei den barometrischen Messungen zur Zeit erreichen, nämlich etwa innerhalb eines Hundertels des Millimeters.

---

1) Unter „Barometervacuum“ im besonderen Sinne soll hier ein Raum verstanden werden, in welchem der Druck nur noch ganz überwiegend durch die Spannkraft des in ihm enthaltenen gesättigten Quecksilberdampfes bedingt wird. Nach den Versuchen von E. B. Hagen, (Wied. Ann. 16. p. 610. 1882), ist der Betrag des letzteren Druckes anscheinlich kleiner, als er nach den Regnault'schen Fundamentalversuchen angenommen zu werden pflegte, nämlich bei Temperaturen unter $+20^{\circ}$ C. kaum grösser als 0,02 mm, während H. Hertz, (Verhandl. d. Phys. Ges. in Berl. 1882, Nr. 10) mittelst einer theoretisch abgeleiteten Formel, welche seine nur bei höheren Temperaturen (60 bis 200° C.) ausgeführten Beobachtungen in befriedigender Weise darstellt, die Spannung des Quecksilberdampfes bei $+20^{\circ}$ C. zu 0,0013 mm berechnet. Unterhalb dieses Betrages kann der Druck in einem Quecksilberbarometer natürlich niemals und in einer mittelst der Quecksilberluftpumpe hergestellten und darauf abgeschlossenen Vacuumröhre nur dann gebracht werden, wenn es möglich ist, die in ihr enthaltenen Quecksilberdämpfe durch absorbierende Medien zu beseitigen. Im Anschluss an die barometrische Prüfung sind auch bei der Normal-Aichungs-Commission bereits im Jahre 1877 vom Verfasser Versuche über die Absorption von Quecksilberdampf durch Selen angestellt worden, über welche gelegentlich an anderer Stelle berichtet werden soll.

II. Herstellung der Normal-Heberbarometerröhre und Beschreibung der Versuchsanordnung.

Die Normal-Heberbarometerröhre hatte ursprünglich folgende, in Fig. 6 abgebildete Einrichtung: Die mit der Geissler'schen Röhre *g* versehene Heberbarometerröhre *Q* von 12 mm innerem Durchmesser, deren beide Schenkel zur Erzielung weiter, von den Capillaritätswirkungen möglichst befreiter Quecksilberoberflächen in einem dem mittleren Atmosphärendrucke entsprechenden Höhenabstande zu gleich grossen cylindrischen Gefässen von 30 mm innerem Durchmesser erweitert sind, war mittelst des Schliffstückes *a* an das Trockengefäss einer Geissler'schen Quecksilberluftpumpe befestigt worden. Die Barometerröhre selbst, sowie die electriche Röhre, sind durch Hähne abschliessbar. Der freie Schenkel, dessen Länge mindestens halb so gross als die ganze Barometerröhre sein muss, ist an seinem oberen Ende zur bequemerer Einfüllung des Quecksilbers trichterförmig erweitert. Die Füllung dieser Barometerröhre, welche bei der ersten Beobachtungsreihe zur Anwendung kam, mit möglichst luftfreiem Quecksilber war anfänglich mit Schwierigkeiten verknüpft. Mittelst eines langen bis an den Boden des freien Schenkels reichenden, mit einer feinen Oeffnung versehenen Trichters wurde nämlich das Quecksilber eingefüllt; trotz der grössten Sorgfalt gelang es aber nicht, zu verhüten, dass mit dem langsam herabfallenden Quecksilber Luftbläschen mitgerissen wurden, welche namentlich an den Wänden der Erweiterung des offenen Schenkels mit grosser Hartnäckigkeit hafteten und weder durch mechanische Erschütterungen noch durch Erwärmen fortgeschafft werden konnten. Durch Anwendung eines kleinen Kunstgriffes wurde bei der zweiten Füllung dieser Uebelstand beseitigt. Anstatt nämlich die ganze zur vollständigen Füllung der Barometerröhre erforderliche Quecksilbermenge mit einem mal durch den Hülfsstrichter in die Röhre zu giessen, wurde zuerst nur eine ganz kleine Menge Quecksilber hineingegossen, sodass das Niveau desselben in beiden Schenkeln etwa bis zu den Marken *dd* reichte. Dieses Quecksilber enthielt nun stets eine Anzahl grösserer oder kleinerer Luftblasen. Wurde

nun aber sehr langsam evacuirt, so stieg dem entsprechend auch das Quecksilber aus dem offenen Schenkel sehr langsam in die eigentliche Barometerröhre, und in dem über *d* aufsteigenden Quecksilber war nunmehr nicht ein einziges Luftbläschen zu entdecken. Wurde nun ebenso langsam wieder Luft zugelassen, so ging das Quecksilber langsam aus dem geschlossenen in den offenen Schenkel zurück, die in letzterem befindliche Luft vor sich forttreibend. Diese Operation wurde mit der zuerst eingegossenen Quecksilbermenge einige mal wiederholt; das in dem Stücke *dd* enthaltene Quecksilber war jetzt möglichst luftfrei, mit einem guten Mikroskope liess sich nicht die Spur eines Luftbläschens erkennen. Alsdann wurde wieder eine kleine Menge Quecksilber hinzugegossen und genau in derselben Weise verfahren, und so fort, bis die Röhre mit der erforderlichen, durch einen Vorversuch leicht zu bestimmenden, Quecksilbermenge gefüllt war. Auf die Reinigung und Austrocknung der Röhre sowohl wie auf die Reinigung des Quecksilbers war die grösste Sorgfalt verwandt worden. Das Quecksilber wurde, nachdem es mehrere Wochen hindurch mit Eisenchlorid und verdünnter Salpetersäure behandelt worden war, mit Benzin und hierauf mit kochendem destillirten Wasser ausgewaschen, dann getrocknet und während der Füllung, welche durch mit sehr feinen Oeffnungen versehene Doppeltrichter aus Filtrir- und Kanzleipapier stattfand, auf 60 bis 80° C. erwärmt. Die Barometerröhre wurde, nachdem sie mit Salpetersäure gereinigt, dann mit heissem destillirten Wasser ausgespült und mit Alkohol ausgewaschen war, einerseits mit vier Trockenröhren, welche mit concentrirter Schwefelsäure, Chlorcalcium, Phosphorsäureanhydrid und caustischem Kali gefüllt waren, andererseits mittelst des Stopfens *a* mit der Quecksilberluftpumpe verbunden und blieb in dieser Verbindung, bevor die Füllung ausgeführt wurde, drei Tage, während welcher unter beständiger Erhitzung aller Theile der Röhre die langsam einströmende Luft fortwährend evacuirt wurde. Ein sicheres Merkmal für die Trockenheit der Röhre war dadurch gegeben, dass wenn die letzte der vier Trockenröhren luftdicht verschlossen und dann evacuirt wurde, die Verdünnung so-

weit getrieben werden konnte, dass die Geissler'sche Röhre, durch welche schon während des Evacuirens ein von einem kräftigen Inductorium gelieferter, electricischer Strom ging, vollständig fluorescirte. Erst als dieser Zustand erreicht war, wurden die Trockenröhren von der Barometerröhre entfernt und hierauf die Füllung in der vorhin beschriebenen Weise ausgeführt. Die Reihenfolge der optischen Aenderungen der Entladungserscheinungen in der Geissler'schen Röhre ist während der Herstellung des Barometers folgende: schon bei einem geringen Grade der Verdünnung — der wesentlich von der Entfernung der Electroden und der Intensität des Stromes abhängt — beginnt die Röhre zu leuchten, die Intensität des Leuchtens nimmt bei steigender Verdünnung bis zu einem Maximum zu, bald aber rasch ab, die Anzahl der Schichten wird bei weiter fortgesetztem Evacuiren immer geringer, aus dem Spectrum der Röhre verschwinden allmählich die den Stickstoff charakterisirenden Spectrallinien, und es bleiben vorzugsweise nur noch die Linien *F* und *G* des Wasserstoffes und einige Quecksilberlinien bestehen, die aber auch bald erblassen. Bei weiter fortgesetzter Verdünnung beginnt dann die Röhre zuerst in der Regel an ihrem negativen, dann an ihrem positiven Ende und schliesslich der ganzen Länge nach zu fluoresciren, endlich gehen gar keine oder doch nur vereinzelte electricische Entladungen durch dieselbe hindurch, und das Normal-Heberbarometer ist fertig. In dieser Form wurde es, wie bereits erwähnt, bei der ersten im Februar bis April 1877 ausgeführten Beobachtungsreihe angewandt.

Bei der zweiten, im August und September 1877 ausgeführten Beobachtungsreihe erfuhr die Normal-Heberbarometerröhre eine kleine Modification, durch welche aber die Füllung derselben mit möglichst luftfreiem Quecksilber in ausserordentlicher Weise erleichtert wurde. Zu dem Ende wurde, wie aus Fig. 7 ersichtlich, der freie Schenkel der Röhre rechtwinklig umgebogen und an seinem Ende mit einem in eine sehr feine, lange (hohle) Spitze ausgezogenen, Hahn *H* versehen, mit Hülfe dessen also sowohl Communication mit der äusseren Luft hergestellt, als auch die Röhre abgeschlossen werden konnte. Die Füllung wurde nun in

folgender Weise bewerkstelligt: Nachdem die Ausrocknung beendigt und die Verdünnung soweit getrieben war, dass die Geissler'sche Röhre ihrer ganzen Länge nach fluorescirte, wurde der Hahn *H*, während die Spitze sich unter der Oberfläche des sorgfältig gereinigten Quecksilbers, welches in einer Schale bis auf etwa 80° C. erwärmt wurde, befand, vorsichtig ein wenig geöffnet, sodass sich durch den äusseren Luftdruck zunächst die hohle Spitze langsam mit Quecksilber füllte; dann wurde der Hahn *H* geschlossen, und die durch das aufsteigende Quecksilber aus der Spitze in die Barometerröhre getriebene kleine Luftmenge, welche sofort das Fluorescenzlicht zum Verschwinden brachte, evacuirt, bis letzteres wieder auftrat, hierauf wurde der Hahn *H* wieder sehr wenig geöffnet, sodass der äussere Luftdruck das Quecksilber in ganz kleinen Tröpfchen in die Barometerröhre trieb, so lange bis letztere mit der erforderlichen Menge gefüllt war; während dieses Vorganges wurde beständig evacuirt und der electriche Strom durch die Geissler'sche Röhre hindurchgeschickt. Hierauf wurde der Hahn *H* geschlossen und nach Entfernung der Schale die Luft bei beständigem Evacuiren sehr langsam durch die Spitze in den freien Schenkel zugelassen. Man erhält auf diese Weise ein mit möglichst trockenem und möglichst luftfreiem Quecksilber gefülltes Normal-Heberbarometer. Der Hahn *H* hat noch den Vortheil, das Eindringen von Staub u. s. w. in den freien Schenkel zu verhüten, da man ihn nur während des Gebrauches des Barometers zu öffnen hat, sonst aber stets geschlossen halten kann. Aus demselben Grunde sind die neueren Glasbarometer von Ch. F. Geissler Sohn mit einem Glashahn versehen, ebenso ist bei den Fuess'schen Normalbarometern auf die Oeffnung im freien Schenkel ein Verschraubungsstück aufgekittet, auf welches beim Nichtgebrauche des Barometers eine Ueberwurfsschraube geschraubt wird. Es ist zweckmässig und rathsam, namentlich während des Anfangsstadiums der Herstellung des Barometers, aber auch später bei den Vergleichen unaufhörlich Inductionsströme durch die Geissler'sche Röhre gehen zu lassen. Es zeigt sich nämlich, dass wenn die Verdünnung

soweit hergestellt ist, dass die Röhre in ihrer ganzen Ausdehnung fluorescirt, und man zu evacuiren aufhört, nach einer gewissen Zeit das Fluorescenzlicht schwächer wird, was auf eine, wenn auch kathetometrisch nicht zu bestimmende, Druckzunahme schliessen lässt. Der Vorgang erklärt sich wahrscheinlich dadurch, dass sowohl die Electroden Luftpartikelchen absorbirt enthalten, als auch die Glaswände der Röhre mit einer innig adhären den Gasschicht bekleidet sind, welche nach stunden- und tagelangem Hindurchgehen der electrischen Entladungen infolge der damit verbundenen mechanischen Erschütterungen erst allmählich losgerissen werden, um dann der Electricität als Träger zu dienen.

Zur Bestimmung der Temperatur des Quecksilbers in der Normal-Heberbarometerröhre dienten bei der ersten Beobachtungsreihe anfänglich zwei, später drei sorgfältig bestimmte, in $0,1^{\circ}\text{C}$. getheilte Thermometer von Ch. F. Geissler, welche sich in mit Quecksilber gefüllten Glasröhren von demselben Durchmesser, wie die Erweiterungen der Barometerröhre, unmittelbar in der Nähe der letzteren befanden, und zwar das eine am oberen, das zweite am unteren Ende und das dritte in der Mitte. Bei der zweiten Beobachtungsreihe genügte die Anwendung eines einzigen Thermometers, welches sich ebenfalls in einer mit Quecksilber gefüllten Glasröhre in der Mitte der Normal-Heberbarometerröhre befand. Neben der Normal-Heberbarometerröhre war in einem justirbaren Stative der bereits bei den thermometrischen Fundamentalmessungen angewandte, in Millimeter getheilte, in Bezug auf seine Theilung genau untersuchte Messingmaassstab aufgestellt. Die Messungen erfolgten mit Hülfe des Bamberg'schen Kathetometers in der Weise, dass das auf dem Prisma des letzteren verschiebbare und nivellirbare, mit Ocularmikrometer versehene Ablesefernrohr zuerst auf die Quecksilberniveaux und dann durch Drehung um die verticale Axe auf die Theilstriche des Maassstabes eingestellt wurde; und zwar wurden die ganzen Millimeter direkt abgelesen, die Bruchtheile desselben in Partes und Bruchtheilen von Partes des Ocularmikrometers ausgedrückt. Die Entfernung des Kathetometers von der

Barometerröhre betrug 0,955 m. Zur Vermeidung von Reflexbildern und zur scharfen Einstellung des Horizontalfadens auf die Quecksilberkuppen waren hinter den Erweiterungen der Barometerröhre verschiebbare Blenden in geeigneter Weise angebracht, welche zur unteren Hälfte aus schwarzem, zur oberen aus weissem transparenten Papier bestanden, um durch diffuses Licht, welches von hinreichend weit aufgestellten Lampen und Linsen geliefert wurde, die Quecksilberoberflächen zu beleuchten. Die hierdurch ermöglichten Einstellungen auf die Kuppen waren in Betracht der sonstigen Fehlerquellen, z. B. auch der Lichtbrechung an den Glaswänden, von durchaus genügender Schärfe und Unzweideutigkeit. Das zu prüfende Heberbarometer *N* hing, genau in derselben Höhe wie die Normal-Heberbarometerröhre, an einem justirbaren Stative.

III. Die eigentlichen Versuche.

Es liegen zwei Beobachtungsreihen vor, von denen die erste in den Monaten Februar und März des Jahres 1877 im Souterrainraume, die zweite im Monat August desselben Jahres in dem mit doppelten Zinkwänden bekleideten, für Präcisionstemperirung eingerichteten grossen Comparator-saale des Dienstgebäudes der Normal-Aichungs-Commission ausgeführt wurde. Bei der ersten Reihe waren die Grenzen des Intervalles der Barometerstände ausserordentlich weite, es fanden während der Monate Februar und März Schwankungen des Barometers zwischen 730 mm und 770 mm statt, dagegen waren die Temperaturverhältnisse im Beobachtungsraume ungünstig. Die zweite Beobachtungsreihe wurde unter ungleich günstigeren äusseren Verhältnissen ausgeführt — sämtliche Instrumente ruhten in dem auf nahezu constanter Temperatur zu erhaltenden Comporatorsaale auf fundirten Pfeilern —, dagegen betrug die Gesamtschwankung der Barometerstände während der ganzen Beobachtungsreihe nur 14,5 mm (749,5 mm bis 764 mm). Zur Erregung der Geissler'schen Röhre diente ein Ruhmkorff'sches Inductorium mittlerer Grösse, dessen primäre Spirale bei der ersten Beobachtungsreihe durch vier, bei der zweiten durch sechs frisch

angesetzte Chromsäureelemente gespeist wurde. Zur Spectralbeobachtung diente ein der Berliner Sternwarte gehöriges, gutes Hoffmann'sches Spectroskop à vision directe. Die Vergleichen selbst fanden in der Weise statt, dass unmittelbar vor und unmittelbar nach jeder Kathetometereinstellung auf die Normal-Heberbarometerröhre Q je eine Ablesung am Heberbarometer N gemacht und das Mittel aus den beiden Ablesungen am Heberbarometer N mit der Ablesung an der Normal-Heberbarometerröhre Q combinirt wurde. Zwischen den Kathetometereinstellungen auf die obere, resp. auf die untere Quecksilberkuppe der Normal-Heberbarometerröhre fanden die Ablesungen der drei zur Bestimmung der Temperatur des Quecksilbers dienenden Thermometer statt. Vor einer jeden Beobachtung wurde, wenn auch die Verdünnung soweit gediehen war, dass die Geissler'sche Röhre vollständig fluorescirte, oder dass nur noch vereinzelte elektrische Entladungen durch dieselbe hindurchgingen, doch stets noch mehrere mal evacuirt, um durch die dadurch hervorgebrachten mechanischen Erschütterungen das Adhären des Quecksilbers an den Gefässwänden der Normal-Heberbarometerröhre zu verhindern und eine scharfe Kuppenbildung zu erzielen.

Die ausführliche Mittheilung der Versuche würde den Rahmen dieser Annalen überschreiten, es muss deshalb auf die Originalabhandlung hingewiesen werden; dagegen dürfte die Auseinandersetzung der Methode, nach welcher die Ausgleichungsrechnung ausgeführt wurde, vielleicht von einigem Interesse sein.

Es seien β_q und β_n die bereits auf die Normaltemperatur von 0° C. reducirten Ablesungen an den beiden Barometern, der Normal-Heberbarometerröhre Q und dem zu controlirenden Heberbarometer N , es seien ferner V_q^0 und V_n^0 die Volumina des angeblichen Vacuums, welches sich resp. über dem Quecksilber in der Normal-Heberbarometerröhre Q und dem Heberbarometer N befindet, wenn der Abstand des oberen Quecksilberniveaus von dem oberen Ende der Röhre, auf einen cylindrischen Raum von dem mittleren Querschnitt q_q , resp. q_n (ausgedrückt in Quadrat-

millimetern) des betreffenden Röhrenstückes reducirt, 100 mm beträgt, so dass:

$$V_q^0 = 100 \cdot q_q, \quad V_n^0 = 100 \cdot q_n$$

ist; nennt man ferner die Depression des Barometerstandes, welche die in dem sogenannten Vacuum noch vorhandenen Lufttheilchen bei dem Volumen V_q^0 und V_n^0 bewirken, d_q^0 und d_n^0 , und sind endlich die Volumina des sogenannten Vacuums bei den den reducirten Barometerständen β_q und β_n entsprechenden oberen Ablesungen V_q , resp. V_n , so erhält man für die wahren reducirten Barometerstände die Gleichungen:

$$\beta_q^0 = \beta_q + d_q^0 \frac{V_q^0}{V_q}, \quad \beta_n^0 = \beta_n + d_n^0 \frac{V_n^0}{V_n}.$$

Zur Berechnung von V_q und V_n muss man die Länge des als Cylinder von nahezu gleichmässigem Querschnitt anzunehmenden Vacuumraumes kennen, welche zu jeder Ablesung des oberen Quecksilberniveaus gehört. Die Depression d_q^0 bei der Normal-Heberbarometerröhre kann man nach den vorangegangenen Erörterungen für den vorliegenden Zweck gleich Null annehmen, sodass nur die Kenntniss von V_n erforderlich ist. Da nun bei dem Heberbarometer N die Scala mittelst Trieb und Zahnstange beweglich ist und jedesmal so eingestellt wird, dass der Nullpunkt der Ablesung der Einstellung auf das untere Quecksilberniveau entspricht, so verändern sich die oberen Ablesungen, wenn die Röhrenquerschnitte beim oberen und unteren Quecksilberniveau gleich sind, um das Doppelte derjenigen Beträge, um welche sich der Abstand des oberen Quecksilberniveaus von dem oberen geschlossenen Ende der Röhre verändert, weil bei sinkendem oberen Quecksilberniveau und demgemäss steigendem unteren Quecksilberniveau der Nullpunkt der Scala um ebenso viel nach oben verschoben wird, als sich der auf das obere Quecksilberniveau einzustellende Index auf der Scala nach unten bewegt. Zur numerischen Bestimmung von V_n und zur Controle der obigen Annahmen in Bezug auf die Querschnitte der Röhre sind nun mehrere Messungen ausgeführt worden. Für die Ablesungen 752,50 mm und 761,20 mm sind die Längen des auf eine cylindrische

Form reducirten Vacuumraumes 58,15 mm, resp. 54,00 mm beobachtet worden, wobei das nahezu sphärisch abgerundete obere Ende der Röhre auf einen cylindrischen Körper reducirt worden ist. Aus diesen Messungen folgt die Gleichung:

$$V_n^{752,5} - V_n^{761,2} = q_n(58,15 - 54,00) = q_n \cdot 4,15,$$

während unter obigen Voraussetzungen, betreffend die Querschnitte des freien und geschlossenen Schenkels der Röhre in der Nähe der beiden Quecksilberniveaux, sein sollte:

$$V_n^{752,5} - V_n^{761,2} = q_n \frac{1}{2} (761,2 - 752,5) = q_n \cdot 4,35.$$

Die Uebereinstimmung dieser Formel mit dem — übrigens nicht sehr genau zu erlangenden — Messungsergebnisse ist innerhalb der Genauigkeitsgrenze des letzteren ausreichend, so dass man hiernach für V_n die Formel annehmen kann:

$$V_n^{760} - V_n^{B_n} = \frac{1}{2} q_n (B_n - 760),$$

wo: $V_n^{760} = [54,0 + \frac{1}{2} (761,2 - 760)] q_n = 54,6 q_n$,

und B_n eine beliebige Ablesung des Barometers bedeutet; es ist also:

$$V_n^{B_n} \text{ oder schlechtweg } V_n = q_n [54,6 + \frac{1}{2} (760 - B_n)].$$

Man erhält demnach für die unter Berücksichtigung der Luft im sogenannten Vacuum reducirte Ablesung am Heberbarometer N den Ausdruck:

$$\beta_n^0 = \beta_n + d_n^0 \frac{100}{54,6 + \frac{1}{2} (760 - B_n)}.$$

und somit als Reduction der Angaben des Heberbarometers N auf diejenigen der Normal-Heberbarometerröhre Q :

$$\beta_q^0 - \beta_n^0 = \beta_q - \beta_n - d_n^0 \frac{100}{54,6 + \frac{1}{2} (760 - B_n)}$$

Setzt man nun:

$$\beta_q^0 - \beta_n^0 = l, \quad \beta_q - \beta_n = x, \quad - d_n^0 = y, \quad \text{und:}$$

$$\frac{100}{54,6 + \frac{1}{2} (760 - B_n)} = b,$$

so liefert die erste Beobachtungsreihe ein System von 57 Gleichungen von der Form $l = x + by$, aus welchem sich mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate für das Heberbarometer N die Correctionsformel ergibt:

$$C_{B_n} = -0,96 \text{ mm} + 0,26 \left(\frac{100}{54,6 + \frac{1}{2}(760 - B_n)} \right) \text{ mm},$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler, dessen Betrag, in Function des jeweiligen Barometerstandes, aus folgendem Tafelchen entnommen werden kann:

Barometerstand B_n	730	740	750	760	770	780 mm
Wahrscheinlicher Fehler	$\pm 0,02$	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04 mm

Hierzu kommt, wenn die Temperatur t stärker von $+15^\circ \text{ C.}$ abweicht, noch das Correctionsglied:

$$+ 0,26 \left(\frac{100}{54,6 + \frac{1}{2}(760 - B_n)} \right) \cdot 0,037 \frac{t - 15}{10} \text{ mm},$$

wo $0,037/10$ den Ausdehnungscoefficient der Luft pro 1° C. ausdrückt.

Die zweite Beobachtungsreihe, aus einer noch etwas grösseren Anzahl von Einzelbeobachtungen bestehend als die erste, und unter unverhältnissmässig günstigeren äusseren Verhältnissen hauptsächlich rücksichtlich der Constanz der Temperatur angestellt, zeigt aus letzterem Grunde eine wesentlich bessere innere Uebereinstimmung, umfasst aber leider nur ein Dritttheil des Schwankungsgebietes des Barometerstandes während der ersten Reihe. Der Einfluss der im Vacuum des Heberbarometers N enthaltenen kleinen Luftmenge als Function der Höhe des Barometerstandes tritt deshalb bei der zweiten Reihe auch nur in einem diesem Intervall entsprechenden numerisch geringerem Betrage auf.

Die angewandte Methode setzte uns in den Stand, das Vorhandensein einer kleinen Luftmenge im sogenannten Vacuum des Heberbarometers N mit Sicherheit nachzuweisen, wenn auch die erste Beobachtungsreihe starke, die Grösse von zufälligen Beobachtungsfehlern wohl überschreitende Differenzen aufweist. Diese Differenzen scheinen zum Theil in der Verschiedenheit der Form und Krümmung der Quecksilberkuppen des Barometers N bei steigendem, fallendem und constantem Barometerstande, besonders aber in den Abweichungen der Temperaturen des Quecksilbers in verschiedenen Höhenschichten ihre Ursache gehabt zu haben. Die erstere Fehlerquelle und die daraus sich ergebenden Fehler-

nester bilden seit mehreren Jahren den Gegenstand ausgedehnter Untersuchungen seitens der Normal-Aichungs-Commission und sollen an anderer Stelle erörtert werden. Dass bei barometrischen Messungen die Verschiedenheit der Temperatur in verschiedenen Schichten der Quecksilbersäule von bedeutendem Einflusse ist, ist sofort einleuchtend, da eine Unsicherheit von $0,07^{\circ}$ C. in der Kenntniss der Temperatur des Quecksilbers eine Unsicherheit von 0,01 mm bei der barometrischen Bestimmung zur Folge hat. Es erhellt hieraus zugleich die Unzulänglichkeit der Bestimmung der Temperatur des Quecksilbers eines Barometers mittelst eines einzigen (in der Regel in $\frac{2}{3}$ der ganzen Länge von unten an gerechnet) angebrachten Thermometers, wenn in Räumen von nicht constanter Temperatur, in denen für genügende Ausgleichung der Temperatur der verschiedenen Luftschichten nicht gesorgt ist, beobachtet wird. Die zweite Versuchsreihe verdankt ihre bessere innere Uebereinstimmung wesentlich dem Umstande, dass sie in dem auf nahezu constanter Temperatur sowohl rücksichtlich der Zeit als der räumlichen Vertheilung zu erhaltenden Comparatorsaale angestellt worden ist.

Berlin, im August 1883.

IX. *Zur Geschichte der Nobili-Guébhard'schen Ringe; von W. Voigt.*

Hr. Guébhard hat dem in seiner ersten „Berichtigung“¹⁾ gemachten Zugeständniss, dass seine Farbencurven mit den Kirchhoff'schen nicht innerlich verwandt oder identisch, sondern nur ihnen ähnlich sind, in einer zweiten „Berichtigung“²⁾ das weitere zugefügt, dass die Aehnlichkeit nur unter ganz besonderen Umständen überhaupt nennenswerth ist. Dem stimme ich vollkommen zu.

---

1) A. Guébhard, Wied. Ann. 18. p. 366. 1883.

2) A. Guébhard, Wied. Ann. 20. p. 684. 1883.