

Paper-ID: VGI\_191508



## Das neue Normalthermometer “Marek“ der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Rudolf Pozdena

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **13** (5, 6, 7, 8), S. 69–76, 85–90, 101–105, 120–123

1915

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Pozdena_VGI_191508,  
  Title = {Das neue Normalthermometer ‘‘Marek‘‘ der k. k. Zentralanstalt f{"u}r  
    Meteorologie und Geodynamik},  
  Author = {Pozdena, Rudolf},  
  Journal = {"sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen},  
  Pages = {69--76, 85--90, 101--105, 120--123},  
  Number = {5, 6, 7, 8},  
  Year = {1915},  
  Volume = {13}  
}
```



# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

ORGAN

DES

VEREINES DER ÖSTERR. K. K. VERMESSUNGSBEAMTEN.

Redaktion: Hofrat Prof. E. Doležal und Bauinspektor S. Wellisch.

---

Nr. 5.

Wien, 1. Mai 1915.

XIII. Jahrgang.

---

## Das neue Normalbarometer „Marek“ der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie u. Geodynamik.

Von Ing. Rud. Pozděna.

Vor nunmehr ungefähr vier Jahren beschloß die k. k. Zentralanstalt für Meteorologie in Wien die Anschaffung eines Barometers, welches als Hauptnormalinstrument ersten Ranges dazu dienen sollte, alle ihre anderen Instrumente daran anzuschließen.

Nach längerer Erörterung der Frage, welchen Barometertypus man für einen derart wichtigen Apparat zur Ausführung bringen sollte, fiel die Wahl auf ein Instrument, welches als einfaches Heberbarometer konstruiert, den jeweiligen Luftdruck absolut, das heißt als Normalbarometer, mit einem Fehler von insgesamt höchstens  $\pm 0.05$  mm leicht und schnell bestimmen lassen sollte.

Ein derartiges Barometer war schon seit zirka 10 Jahren nach den Angaben des bekannten Physikers (Metrologen) Regierungsrat W. Marek von seinem damaligen Mitarbeiter k. k. Adjunkt J. Bauer durchkonstruiert worden. Einige Abänderungen an der Ablesevorrichtung, an der Einrichtung zur Kontrolle des Vakuums und anderer mehrerer Bestandteile, die durch die Erfahrung als zweckmäßig erkannt worden waren, wurden von dem Verfasser dieses Artikels durchgeführt, welcher auch die Aufstellung des Instrumentes im Gebäude der k. k. Zentralanstalt vornahm.

Das ganze Instrument ist durchaus österreichisches Erzeugnis. Die Metallbestandteile, so zum Beispiel das «Bett», rühren aus der Werkstätte der Eisengießerei und Maschinenfabrik Plewa und Komp. in Wien her, die Teilung des «Bettes» und die Mikrometerschraube wurden von der Firma C. N. Richter in Wien ausgeführt, die Glasrohre stammen zum größten Teil von J. Jaborka, zum kleineren Teil von K. Woytaček, beide Glasbläser in Wien, die Linsen der Ablesefernrohre sind von dem Optiker Kahles in Wien und die feinen Stahlarbeiten, Hähne etc., führte der Wiener Mechaniker Anton Ach aus.

Das Barometer selbst ist, wie bereits einmal erwähnt, der allereinfachste Barometertypus, den es gibt: ein Heberbarometer. Dieser einfachste Typus wurde deshalb gewählt, weil er eben als solcher gelten kann und muß, der den Luftdruck am genauesten und sichersten angeben wird, weil seine Einfachheit die Gewähr für tadelloses Funktionieren bietet. Nur die Art der Ablesung der Quecksilberkuppen wurde in der Art modifiziert, daß sie mit einer Genauigkeit erfolgen kann, die dem Rang des Instrumentes als Normalbarometer entspricht. Auch die Kontrolle des Vakuums sollte eine sehr genaue und jederzeit durchführbare sein.

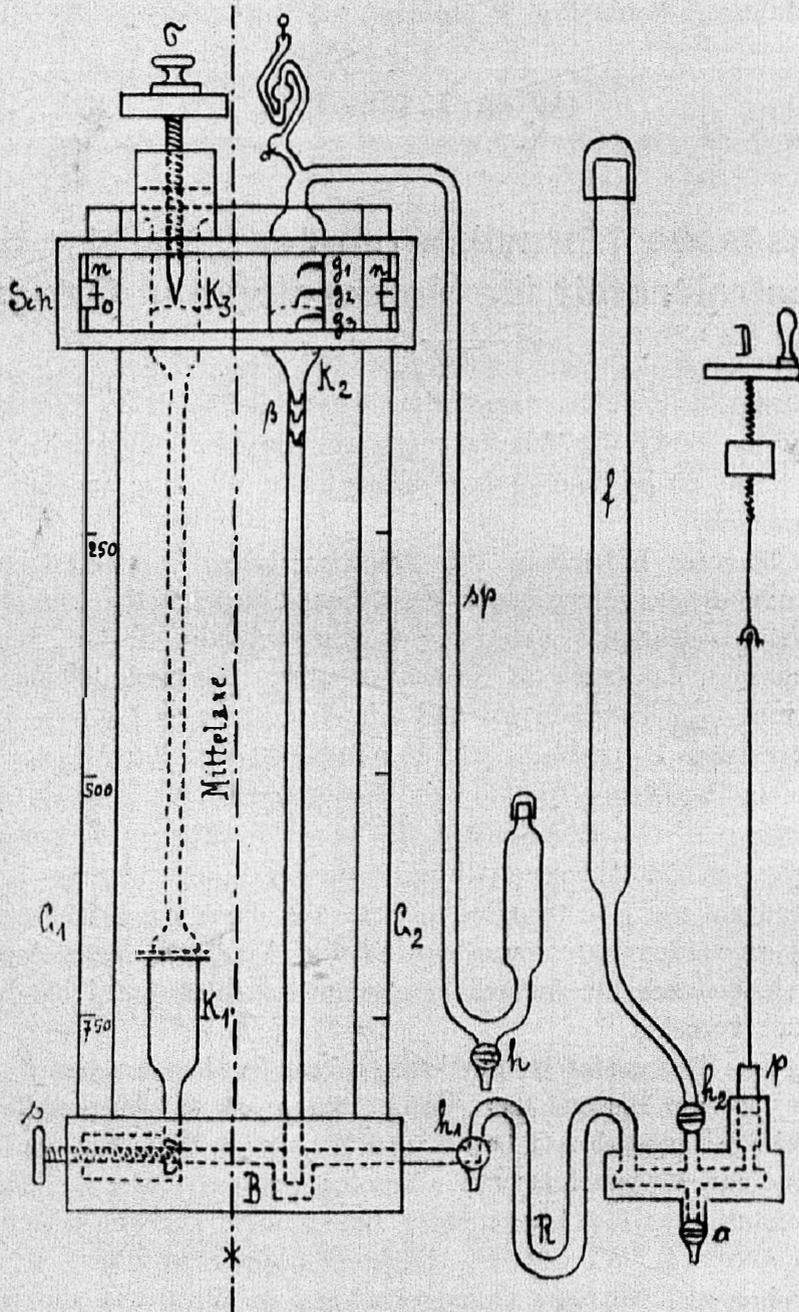


Fig. 1.

Wie die schematische Skizze (Fig. 1) zeigt, sind die Hauptbestandteile des Instrumentes: ein festes gußeisernes «Bett»  $G_1, G_2$  mit genau plan gehobelten Gleitflächen, «Wangen». Mit diesen durch Verschraubung und Stifte fest verbunden ist ein prismatisches Stahlstück, in welches — natürlich in entsprechende Bohrlöcher — einerseits der offene Schenkel  $K_1$ , andererseits der geschlossene Schenkel  $K_2$  des Heberbarometers eingedichtet ist.

In den Stahlblock reicht von der Seite her eine abgedichtete Ventilschraube  $s$  hinein, durch welche die Verbindung der beiden Barometerrohre  $K_1$  und  $K_2$  unterbrochen werden kann.

In der schematischen Skizze sieht man, stricheliert gezeichnet, eine Verlängerung des offenen Schenkelrohres  $K_1$  durch ein aufsetzbares Glasrohr  $K_3$  mit Erweiterung am oberen Ende. Die Verbindung von  $K_1$  und  $K_3$  kann mittels einer Art stählernen «Holländers» erfolgen. Das Rohr  $K_3$  ist nämlich in eine Stahlkappe mit Flansche eingekittet, während am offenen Schenkel des Barometers ein Stahlring mit Gewinden aufgekittet ist. Ueber die Stahlkappe geht eine Ueberfangmutter, welche sich über das Gewinde des Stahlringes am Rohr  $K_1$  schrauben läßt. Zwischen die Stahlkappe und den Ring des Rohres  $K_1$  kommt, wenn die beiden Rohre in Verbindung gebracht werden sollen, ein Ring sehr gut gereinigten Leders. Mittels eines Schlüssels, der eine Nase zum Eingriff in Löcher am Umfang der Ueberfangmutter hat, kann der Lederring so zwischen Stahlring und die Stahlkappe eingepreßt werden, daß beide Rohre quecksilberdicht aneinander schließen. Nach Benutzung dieser Verbindung, deren Zweck später erläutert werden wird, kann dieselbe wieder getrennt werden. Die Rohrerweiterung des eigentlichen Barometerrohres  $K_2$  und die Erweiterung des aufsetzbaren Glasrohres  $K_3$  hat bei beiden Rohren denselben Durchmesser und nahezu die gleiche Höhe.  $K_3$  jedoch ist oben offen, während die eigentliche «Barometerkammer»  $K_2$  in ein Sprengelrohr ausläuft und drei in gleichen Abständen voneinanderstehende kleine, abwärts gebogene, eingeschmolzene Glasspitzen aus schwarzem Glas enthält.

Das Barometerrohr  $K_2$  mit der geschlossenen Barometerkammer reicht mit seinem unteren, in den Stahlblock eingedichteten Ende in eine zylindrische Bohrung größeren Durchmessers, einen «Brunnen»  $B$ . Diese Konstruktion hat W. Marek seit 1878 in Paris und Wien bei allen derartigen Instrumenten anbringen lassen, und zwar zu dem Zweck, damit, falls ein Bruch des offenen Barometerschenkels  $K_1$  eintreten sollte oder wenn Hähne etc. undicht werden sollten, trotzdem das Vakuum in  $K_2$  erhalten bleibt. Das Rohr  $K_2$  taucht eben mit seinem unteren Ende in den Brunnen ein und falls Quecksilber aus irgend einem Grunde ausströmt (eventuell auch dann, wenn durch einen unvorsichtigen Stoß ein Hahn plötzlich geöffnet werden würde), so sinkt der Stand im Barometerrohr nur bis zur Höhe des jeweiligen Barometerstandes über der Oberfläche des Brunnens. Luft kann nach  $K_2$  nicht eindringen, eine Neufüllung des ganzen Instrumentes ist demnach auch nicht erforderlich. Nach Schließen oder Dichten der Hähne respektive nach dem Einsetzen eines neuen an Stelle des gebrochenen Teiles, kann das Nachfüllen des Instrumentes aus dem Füllrohre  $f$  erfolgen, welches später noch erwähnt werden wird.

In das Hauptrohr des Barometers  $K_2$  sind bei  $\beta$ , in drei gleichen Abständen, noch Buntische Spitzen eingeblasen, um auch die kleinsten etwa aufsteigenden Luft- oder andere Teilchen und Bläschen aufzufangen. Bei  $\beta$  ist auch der Auflagerpunkt des Rohres  $K_2$ , welches sich hier auf einen außerordentlich soliden Ansatz des Bettes  $G_1, G_2$  aufstützt.

In der Skizze sind die drei Glasspitzen aus schwarzem Glas in der Kammer  $K_2$ , deren Enden in die Achse dieses Rohres fallen, mit  $g_1, g_2$  und  $g_3$  bezeichnet.

Die Kammer  $K_2$  des eigentlichen Barometerrohres läuft in ein Rohr  $sp$  mit sehr geringem lichten Durchmesser aus, welches entsprechend gebogen und dem «Bette» angepaßt, eine Sprengelpumpe bildet, mittels welcher durch überfallende Quecksilbertropfen die letzten Reste von Luft aus dem Rohre  $K_2$ , das heißt aus der Vakuumkammer und allem was mit dieser in Verbindung ist, herausgerissen werden können. Ist auf diese Weise eine größere Quantität Quecksilber in das Sprengelrohr  $sp$  gelangt, so daß ein weiteres Abfallenlassen der Tropfen nicht mehr bequem bewerkstelligt werden kann, so ist es möglich, das überflüssige Quecksilber durch den Glashahn  $h$  auslaufen zu lassen.

Außer mit den beiden Barometerrohren  $K_1$  und  $K_2$  findet sich noch eine Verbindung mit einem dritten Rohr und dem Stahlblock unterhalb des «Bettes» vor: es ist dies die Verbindung des Rohres  $f$  mit den Bohrungen des Stahlblockes. Diese Kommunikation findet jedoch nicht direkt statt; es ist  $f$  vielmehr zuerst in die eine Bohrung eines zweiten, kleineren, nebenan befindlichen Stahlkörpers eingeführt, in welchem sich eine Kolbenpumpe  $p$  mit Mikrometerschraubenbetätigung und dann noch außerdem die Bohrung für ein schlangenförmig gekrümmtes — allerdings sehr minimal — nachgiebiges Glasverbindungsrohr  $K$  vorfindet. Außerdem sind einige stählerne Abschlußhähne, wie  $h_1$  und  $h_2$ , und ein Auslaßhahn  $a$  in diesen Rohrkomplex einbezogen.

Das Rohr  $f$ , welches im größten Teil seiner Länge einen ziemlich beträchtlichen Querschnitt hat (etwa so groß wie jener der «Kammer» des Hauptbarometerrohres), dient zur Füllung des Barometers und zur Einstellung der Quecksilberkuppe im luftleeren Rohr auf beliebige Höhe, respektive bei Benutzung des Instrumentes auf irgend eine gerade gewünschte der drei Glasspitzen  $g_1, g_2$  oder  $g_3$  im Innern der Barometerkammer. Die Verschlüsse  $h_1$  und  $h_2$ , von denen  $h_1$  eine unter rechtem Winkel auf inanderstehende Bohrung besitzt, sollen immer, wenn das Instrument nicht gerade benutzt wird, geschlossen sein, auch der Hahn  $a$  soll, abgesehen von außergewöhnlichen Fällen, zum Ablassen von Quecksilber nicht benutzt werden.

Die Kolbenpumpe  $p$  mit Mikrometerschraubenbetätigung ist ein Präzisionsmechanismus, der dann einwandfrei und tadellos funktioniert, wenn in dem ganzen System nirgends auch nur die geringste Luftansammlung vorhanden ist, welche wie ein elastischer Luftpolster wirken könnte. Es ist möglich, durch richtige Füllung die Funktionierung dieser Vorrichtung so empfindlich zu machen, daß eine Einstellung der Kuppe des Quecksilbers auf  $\pm 0.001$  mm genau erfolgen kann. Da die Weglängen von  $p$  nach  $K_1$  einerseits und von  $p$  nach  $K_2$  andererseits

verschieden groß sind und daher auch verschiedene Reibungswiderstände zu überwinden sind, so findet das Ein- respektive Abströmen des Quecksilbers aus den beiden Rohren  $K_1$  und  $K_2$  bei Betätigung der Pumpe in einem oder dem andern Sinn nicht gleich schnell statt. Es bleibt  $K_1$  in der Bewegung zurück. Die letzte Einstellung des Instrumentes muß außerordentlich langsam erfolgen. Dies ist eine der Hauptbedingungen, welche eingehalten werden muß, falls tadellose Resultate erzielt werden sollen.

Auf den keilförmig gehobelten Wangen des Bettes ist ein sehr präzise gearbeiteter schlittenförmiger Gleitschieber *Sch* aufgeschoben, der durch eine an der rechten Seite befindliche Klemmvorrichtung an jeder Stelle des Bettes festgeklemmt werden kann. Auf beiden Seiten desselben sind je eine Indexplatte *n* aus Neusilber angebracht, die mit besonderer Sorgfalt derart ausgeführt sind, daß deren keilförmig zusammenlaufende Flächen, von denen die nach außen gekehrte gehobelt ist, von den gehobelten Wangen des Bettes  $G_1$ ,  $G_2$  nur um wenige Bruchteile eines Millimeters so abstehen wie die Nomen an den Skalen geteilter Präzisionsinstrumente. Jede der Indexplatten *n* hat eine Teilung von 21 in gleichen Abständen voneinander stehenden Strichen in  $0.05 \text{ mm}$  Abstand. In den genau bearbeiteten (gehobelten) Wangen des Bettes befinden sich in Abständen von je  $25 \text{ cm}$  rechts und links in gleicher Höhe, drei kreisrunde Neusilberflächen eingelassen, auf welchen je ein sehr feiner Strich im Abstand von  $25 \text{ cm}$  mit der Teilmaschine eingerissen worden ist. Die Kopierung des Abstandes von  $25 \text{ cm}$  erfolgte von einem Hauptnormalmeterstab. Wenn das Bett vertikal steht, so liegen die entsprechenden Striche von  $G_1$  und  $G_2$  fast vollständig genau in einer horizontalen Ebene.

Bei der Ausmessung des Bettes, das heißt bei der genauen Bestimmung des Abstandes der Striche auf den kreisrunden Neusilberflächen mittels eines Komparators, kann am unteren Ende desselben, dort wo nach der Montage des Barometers der Stahlkörper mit dem Brunnen *B* sich befindet, ein Gullstück sehr solide, durch Verschraubung, angebracht werden, welches eine Verlängerung des Bettes bildet und auf welchem sich ein viertes Paar kreisrunder Neusilberflächen mit Strichen vorfindet, so daß der ganze Eisenkomplex jetzt eine Art Doppelmeterstab bildet, der direkt mit einem Normalmeterstab unter dem Komparator verglichen werden kann. Die Unterabteilungen können dann entweder mit einem eigenen Viertelmeterstab (Normalstab) oder, wenn der Normalmeter eine genau verglichene Teilung hat, mit den Vierteln seiner Länge oder endlich durch Verschiebung „in sich selbst“ verglichen und bestimmt werden.

Die Einstellung der Indizes des Schlittens gegenüber den Strichen der Neusilberflächen am Bette geschieht durch Klemmung des Schlittens am Bette so, daß die Indizes mit einem vorher als 0-Strich festgesetzten Strich so genau als möglich gegenüber den Strichen auf den Neusilberflächen angeschoben und befestigt werden. Da es nicht gelingt, völlig genau die Einstellung beiderseits herzustellen, wird der Fehler der Einstellung durch Schätzung an beiden Seiten bestimmt. Zur genauen Ablesung und Schätzung dieser Größe, welche dann als

Konstante mit in die Rechnung gezogen wird, dienen die beiden ziemlich stark vergrößernden Mikroskope, mit denen auch die Einstellung der Kuppen des Quecksilbers auf die Spitzen erfolgt. Dieselben lassen sich nämlich auf ihren Trägern leicht so weit nach rechts respektive links verschieben (besonders bei der vom Verfasser ausgearbeiteten Trägerkonstruktion, wobei auch die senkrechte Stellung der optischen Achse auf die Fläche der Bettwangen sicher erhalten bleibt), daß die entsprechenden Index- und Neusilberflächenstriche leicht ins Gesichtsfeld der Mikroskope gebracht werden können. Bei der benutzten Anordnung ist der mittlere Ablesungs- respektive Schätzungsfehler nur zirka  $\pm 0.004 \text{ mm}$ . Aus den beiden Ablesungen auf jeder Seite wird das Mittel genommen und mit diesem Werte weiter zur Ermittlung der Konstanten des Instrumentes geschritten, wie in der Folge dargelegt werden wird.

Oben auf dem Schlitten *Sch* ist mittels mehrerer Schrauben sehr fest eine genaue Einstellschraube angeschraubt. Dieser Bestandteil des Barometers muß außerordentlich exakt gearbeitet und aufmontiert sein. Speziell bei der Montage ist die größte Sorgfalt darauf zu richten, daß die Bewegungsrichtung der Schraube bestimmt parallel zur vertikalen Achse des ganzen Instrumentes ist. Bei der Manipulation hat bei der Einstellung mit dieser Schraube mit größter Sorgfalt vorgegangen zu werden, um einen unsanften Stoß zu vermeiden, der die oben ausgedrückte Bedingung in Frage stellen kann. Diese Schraube muß auch derart angebracht sein, oder umgekehrt muß die Einmontierung der Röhren  $K_1$  respektive  $K_2$  so erfolgen, daß die Schraubenachse zentrisch in die Rohrerweiterungen der beiden Röhren beim Einführen der Spitze dieser Schraube hineinpaßt, mit andern Worten: daß die Achse dieser Röhren und die Schraubenachse zusammenfallen. Der zu befürchtende tote Gang dieser Schraube ist durch eine besondere Konstruktion ihrer Mutter, welche oben auf dem Schlitten *Sch* festgeschraubt ist, unmöglich gemacht. Mit dieser Mikrometerschraube (durch ein Zahnrad) ist eine Scheibe mit Einteilung und Bezifferung in Verbindung, die gestattet, ganze Umdrehungen der Schraube abzulesen, und zwar ist die Bezifferung so, daß es durch richtige Montage gleich gelingt, die Einstellung derart auszuführen, daß an der Scheibe direkt die ganzen Millimeter des Barometerstandes abgelesen werden können. Unterabteilungen des Millimeters — Hundertstel direkt und Tausendstel durch Schätzung — werden an dem in hundert Teile geteilten Kopf  $\sigma$  der Mikrometereinstellschraube wie bei allen gebräuchlichen Konstruktionen von Mikrometerschrauben abgelesen. Die Ablesungswerte wachsen, wenn sich die Mikrometerschraube in die Mutter hineinschraubt, das heißt, wenn die Schraube abwärts geht. Die Führung der Schraube ist, wie bereits erwähnt, zwangsläufig.

Erwähnt möge auch werden, obwohl es eigentlich selbstverständlich ist, daß die Spitze am unteren Ende der Schraube sehr genau gearbeitet sein muß und immer vollständig rein zu sein hat. Bei der Montage empfiehlt es sich, um jede Beschädigung dieser Spitze zu verhindern, ein Überschubröhrchen über die Spindel zu stecken, welches so lange ist, daß die Spitze gedeckt erscheint. Damit dieses Überschubröhrchen auch vor Bewegungen in der Längsachsenrichtung der Schraube gesichert ist, ist der untere Teil der Schraubenspindel

etwas dünner als der obere Teil derselben, so daß dort, wo die Absatzstelle vorhanden ist, das Überschubröhrchen fest anstoßen kann.

Mit der erwähnten Spitze der Schraube erfolgt die Einstellung auf die untere Kuppe des Quecksilbers des Heberbarometers so, wie man etwa auf die Spitze eines Fortinbarometers einstellt oder wie man auf eine der Glasspitzen  $g_1$ ,  $g_2$  oder  $g_3$  im Vakuumrohr des Barometers einstellt, mit Hilfe des Spiegelbildes dieser Spitze auf der spiegelnden Fläche der Quecksilberkuppe. Zur genauen Einstellung wird das untere der beiden bereits erwähnten stark vergrößernden Mikroskope verwendet, wodurch sich die Einstellung mit hoher Genauigkeit durchführen läßt.

Bei der Montierung des Instrumentes ist natürlich in erster Linie das Bett an einer Wand des Barometerzimmers sehr solid zu befestigen. Die Befestigung geschieht durch zwei Konsolen, die durch in die Wand eingelassene Schrauben gehalten werden. An der oberen Konsole hängt das ganze Bett ähnlich wie auf Schneiden. Es läßt sich aber, wenn es einmal die richtige Lage hat, in welche es durch Stahlschrauben gebracht werden kann, durch Gegenklemmschrauben sicher fixieren. Am unteren Ende des Bettes ist ein starker zylindrischer Zapfen, der in einen Hohlzylinder der unteren Konsole ragt. Durch die Wand dieses Hohlzylinders gehen, um je  $120^\circ$  gegen einander versetzt, also in gleichen Abständen des Umfanges des Zylinders, drei Justier- und Klemmschrauben. Links am oberen Ende des Bettes ist eine justierbare Aufhängevorrichtung, in deren Aufhängepunkt (eine Bohrung oder besser eine kreisförmige Rinne im Kopf einer Schraube) ein Lot eingehängt werden kann, welches aus einem zirka 1 m langen dünnen Frauenhaar mit einem kleinen Metallsenkel am Ende als Spannungsgewicht gebildet ist. Am linken unteren Ende des Barometerschlittens ist an einem Stiel ein horizontaler Ring, an dessen oberer Fläche die vier Endrisse eines Kreuzes sind, dessen Schnittpunkt im Mittelpunkt des Ringes gedacht werden muß. Der Aufhängepunkt des Lotes oben am Barometerbett und der Schnittpunkt des Kreuzes am Ring unten am Barometerbett, liegen gleichweit von den Kanten der Wangen, oder, was dasselbe ist, von der Vertikalachse des Bettes (oder auch des ganzen Barometers) ab. Mit Hilfe der Justier- und Klemmschrauben in der Wand des metallenen Hohlzylinders der unteren Konsole, die auf den Zapfen des Bettes drücken, kann, durch Einvisieren des Haarsenkels mit der Lupe in den Schnittpunkt des Kreuzes des unteren Ringes, das ganze Instrument, mit allem was daran ist, in eine gut definierte vertikale Stellung gebracht, darin fixiert und diese jederzeit kontrolliert werden. Diese Kontrolle soll auch von Zeit zu Zeit vorgenommen werden. Ist bei der Montage die Vertikalstellung erreicht, dann wird mit Hilfe aller schon früher erwähnten Stell- und Gegenklemmschrauben die Lage des Instrumentes, wie bemerkt, fixiert. Solange keine allzu heftige Berührung des Bettes stattfindet, scheint hiermit die Vertikalstellung gesichert zu sein, was übrigens, wie geschildert, jederzeit leicht nachkontrolliert werden kann. Die genau vertikale Bewegung des Schlittens kann bei der Montage dadurch konstatiert werden (zum Beweis dafür, daß das Hobeln der Wangen des Bettes ordnungsgemäß ausgeführt wurde), daß, wenn bei tiefster Stellung

des Schlittens das Lot im Mittelpunkt des Kreuzes einvisiert und fixiert ist, auch in jeder anderen Stellung des Schlittens, an beliebiger Stelle des Bettes, die Einvisierung des Lotes in den Mittelpunkt des Kreuzes, der identisch ist mit dem Mittelpunkt des Ringes am Schlitten, stimmen soll.

(Fortsetzung folgt.)

## Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von **Alfred Noetzli**, Dipl. Ing. aus Höngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

Hand in Hand mit diesen Bestrebungen der besseren Sichtbarmachung muß natürlich diejenige zur Verhütung von Auffassungsfehlern infolge verschiedener Beleuchtung der Signale gehen. Ich werde weiter unten bei der Untersuchung solcher Beleuchtungsphasen auf einige mir zweckmäßig ercheinende Anordnungen aufmerksam machen, die sowohl der einen wie der anderen Forderung womöglich gerecht werden.

Bei der Verwendung von Heliotropen spielt natürlich die Lichtintensität eine ganz bedeutende Rolle. Die untere Grenze ist gegeben durch die Sichtbarkeit, es kann aber durch verschiedene äußere Umstände die Helligkeit und damit die scheinbare Größe des Bildes (durch Diffraction und Irradiation) so stark verschieden sein, daß sich dadurch unbedingt ein Einfluß auf die Größe des Zielfehlers ergeben wird. Die weiter oben angeführten Versuche auf Kreise von verschiedenen Durchmessern haben zweifellos ergeben, daß die Visur im allgemeinen umso genauer wird, je kleiner der scheinbare Durchmesser des anvisierten Kreises ist. Eine untere Grenze ist hiebei natürlich gegeben durch die scheinbare Fadenstärke, indem zum genauen Pointieren eben doch noch deutlich sichtbare Teile des Zielobjektes zu beiden Seiten des Fadens müssen gesehen werden können. Deshalb wird es von Vorteil sein, auf irgend eine Weise die scheinbare Größe des Zielobjektes innerhalb gewisser Grenzen zu halten. Als einfachstes Mittel hiezu erscheint das entsprechende Abblenden des Objektivs. Hier sind nun zwei Fälle zu unterscheiden:

1. runde Öffnungen, die bei zweckmäßiger Wahl des Durchmessers sofort den gewünschten Erfolg haben;
2. horizontale Schlitzblenden, die durch Beugung der Lichtstrahlen ein vertikal gestelltes längliches Bild des Heliotrops ergeben, wobei die Lichtintensität wiederum durch Variation der Breite des Schlitzes reguliert werden kann.

Diese zweite Art der Abblendung des Objektivs besitzt den Vorteil, durch günstigere scheinbare Form des Zielobjektes eine etwas größere Genauigkeit zu ergeben, wie aus den entsprechenden Versuchsreihen ersichtlich ist.

Die nachfolgende Tabelle Nr. 33 enthält eine Zusammenstellung derjenigen Reihen, die unter gleichen äußeren Umständen das einmal mit voller Objektiv-

# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

ORGAN

DES

VEREINES DER ÖSTERR. K. K. VERMESSUNGSBEAMTEN.

Redaktion: Hofrat Prof. E. Doležal und Bauinspektor S. Wellisch.

Nr. 6.

Wien, 1. Juni 1915.

XIII. Jahrgang.

## Das neue Normalbarometer „Marek“ der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie u Geodynamik.

Von Ing. Rud. Pozdóna.

(Fortsetzung.)

### Über die Füllung des Normalbarometers.

Zur Vornahme der Füllung des Normalbarometers wurde natürlich vollständig reines Quecksilber beansprucht. Die eingangs erwähnte Firma J. Jaborka erbot sich, ein solches zu liefern. Um vollständig sicher zu sein, wurde das Quecksilber nach der Lieferung an das chemische Laboratorium des Herrn Prof. Dr. Rudolf Wegscheider der Universität in Wien abgegeben, um dort genauestens untersucht zu werden. Die Untersuchung ergab die völlige Reinheit desselben. Es ließ sich auch nicht die Spur irgendeines anderen Körpers als Quecksilber nachweisen, mit Ausnahme einiger — verschwindend weniger — Teilchen Glas, die, wie das Gutachten ausspricht, zweifellos von den rauhen Flächen des eingeschliffenen Glasstöpsels der Flasche herrührten, in welcher das Quecksilber sich befand und die beim Öffnen und Schließen der Flasche abgerieben wurden, wenn dieselbe unbedingt geöffnet und geschlossen werden mußte (zum Beispiel bei Entnahme der Proben etc.), welche Manipulationen natürlich unvermeidlich waren.

Nach den neuesten Werken (siehe H. Landolt u. R. Börnsteins Physikalisch-chemische Tabellen, 4. Aufl. 1912, Seite 45) beträgt die Dichte des vollkommen reinen Quecksilbers bei  $0^{\circ} = 13.59545$ , (Thiesen u. Scheel: Tätigkeitsberichte der Phys.-Techn.-Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1897 bis 31. Jänner 1898, Zeitschr. für Instrumentenkunde, 18, 138; 1898). Weitere Formeln zur Reduktion eben daselbst.

Nach beendeter Montierung des Instrumentes wird noch das Hilfsrohr  $K_3$  zur Vornahme der Füllung aufgesetzt, bei der es sich hauptsächlich darum handelt, daß vorerst das Sprengelpumpenrohr  $sp$  quecksilberfrei bleibt.

Selbstverständlich ist es auch, daß, ehe das reine Quecksilber in die Rohre einströmen gelassen wird, alle untereinander kommunizierenden Gänge des Instrumentes, sowohl die Glasröhren, als auch die Bohrungen in den Stahlkörpern, äußerst sorgfältig gereinigt und getrocknet werden müssen. Dies geschieht durch Waschen der Rohre mit verdünnter Salpetersäure, Kaliumbichromat, Natronlauge, Ammoniak, Alkohol, Äther und zum Schlusse mit außerordentlich ausgiebigen Mengen von destilliertem Wasser. Die zurückbleibende Feuchtigkeit wird aus den Rohren durch reine trockene Luft unter Zuhilfenahme der Luftpumpe entfernt.

Zur Füllung wird vor allem das Ventil  $s$  geöffnet,  $h_1$  wird so gedreht, daß das Schlangenrohr  $R$  und der Stahlklotz des Barometers miteinander in Kommunikation sind. Der Hahn  $h$  des Sprengelrohres und die Hähne  $a$  und  $h_2$  des Stahlklotzes mit der Kolbenpumpe bleiben geschlossen. In das Füllrohr  $f$  wird ein in einen dünnen Faden ausgezogenes Glasrohr — eine Art Trichter mit in ein äußerst feines Röhrchen ausgezogenem Trichterrohr — eingeführt, dessen Ende bis nach unten geht, wo das Füllrohr eng und gebogen wird. Durch diesen Trichter füllt man langsam, damit keine Luftblasen mitgerissen werden, das reine Quecksilber in das Füllrohr. Selbstverständlich muß auch das Füllrohr und der Trichter vorzüglich gereinigt sein, ehe beide benutzt werden. Der Schieber Schlitten  $Sch$  wird vollständig vom „Bett“ abgenommen. Das Glasrohr  $K_3$  zur Verlängerung von  $K_1$  wird auf letzteres Rohr gut, durch Zwischenschaltung eines gut gereinigten Lederringes, aufgedichtet und am oberen Ende wird ein Gummipfropf mit einer einfachen Bohrung aufgesetzt, in welcher ein gewöhnliches Glasrohr steckt, an welches man einen Gummischlauch (Vakuumschlauch) anschieben kann. An den zuletzt genannten Gummischlauch kommt weiters ein gläsernes T-Rohr, dessen zweiter Schenkel, abermals mit einem Gummischlauch (Vakuumschlauch), mit dem Ende des Sprengelrohres  $sp$  verbunden wird. Der dritte Schenkel des T-Rohres wird mittels Schlauchverbindung (Vakuumschlauch) und nach Zwischenschaltung von Glasgefäßen, die mit Trockenmitteln beschickt sind (Schwefelsäure und Phosphorsäure), an eine gute Quecksilberluftpumpe angeschlossen. Sind alle Verbindungen gut und dicht hergestellt, so wird Vakuum erzeugt, welches man so hoch als möglich treibt (wenn möglich bis zirka  $0.1 \text{ mm}$ ). Ist dies erreicht, so öffnet man sehr vorsichtig  $h_2$ , während man mit der Luftpumpe fortwährend weiterpumpt. Das Quecksilber wird so lange sehr langsam einströmen gelassen, bis es etwa die Höhe der mittleren Spitze  $g_2$  erreicht hat. Dann läßt man durch die Trockenvorlagen sehr vorsichtig Luft einströmen, nachdem der Hahn  $h_2$ , der die Verbindung des ganzen Röhrensystems mit dem Füllrohre herstellt, vorher geschlossen worden ist.

Bei der Füllung ist es eine der Hauptbedingungen, daß sich alle Kanäle blasenfrei füllen. Wenn dies in der Weise, wie vorher beschrieben, geschehen ist, schreitet man zur Bestimmung derjenigen Ablesung an der Mikrometerschraube  $\sigma$  — zur sogenannten „Nullpunktbestimmung“ —, welche durch folgende Umstände charakterisiert ist: es soll bei der Normaltemperatur von  $20^\circ \text{C}$ , unter der Voraussetzung, daß das arithmetische Mittel der Ablesungen an den Zwanzigstelmillimeterteilungen am Schlitten gleich Null wäre und die Kuppe der

Quecksilbersäule im Barometer auf eine der Glasspitzen in der Kammer des Hauptbarometerrohres  $g_1$ ,  $g_2$  oder  $g_3$  genau eingestellt ist, auch die Spitze der Mikrometerschraube genau im Hilfsrohr  $K_3$  auf der Kuppe des dortselbst befindlichen Quecksilbers ansitzen. Ein „Journal“ mit den Beobachtungswerten, wie sie sich tatsächlich einstellen, ist im folgenden beigegeben. Wenn diese „Nullpunktsbestimmung“ erfolgt ist, was in drei aufeinanderfolgenden Tagen zweckmäßig geschehen kann, so kann die Füllung des Instrumentes in folgender Weise beendet werden.

Vorerst läßt man nun im Hauptbarometerrohr  $K_2$  das Quecksilber so weit sinken, bis es einige Millimeter unter die unterste der Buntischen Spitzen gesunken ist und setzt nun wieder die Luftpumpe in Tätigkeit, die diesmal aber nur — jedoch in vorzüglicher Weise — an das Ende von  $s\phi$  angeschlossen ist. Das Pumpen hat langsam zu erfolgen und solange fortgesetzt zu werden, bis das Quecksilber ganz aus dem Hilfsrohr  $K_3$  bis in die untere, offene Kammer des Barometers, nach  $K_1$ , gesunken ist. In  $K_2$  hält man das Niveau durch Ab-  
laufenlassen in konstanter Höhe, das heißt, einige Millimeter unter der untersten Buntischen Spitze. Das Auslassen des aus  $K_3$  nach  $K_1$  sinkenden Quecksilbers erfolgt vorsichtig durch den Hahn  $h$ . Zwischen der Luftpumpe und dem Barometerrohrsystem sind wieder Rohre mit Feuchtigkeit absorbierenden Körpern (Phosphorpentoxyd und Schwefelsäure) einzuschalten.

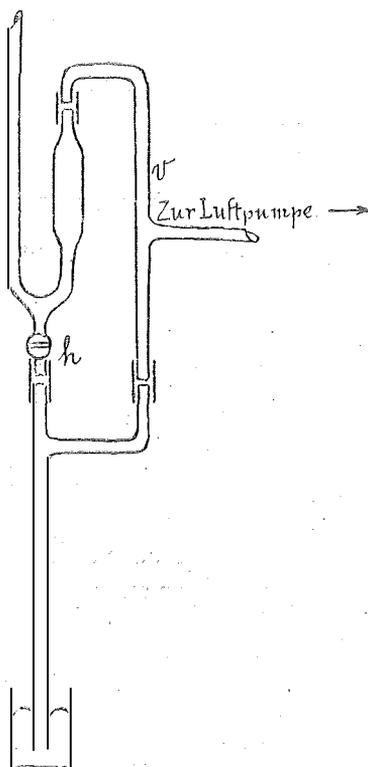


Fig. 2.

Wenn alles richtig durchgeführt wurde, so läßt sich das Vakuum sehr vollkommen herstellen und — was die Hauptsache ist — durch einige Stunden (12—24) erhalten. Dann läßt man wieder Quecksilber nachströmen. Zunächst füllen sich die Buneschen Spitzen, ohne eine Spur einer Luftblase zu zeigen, auch wenn man mit einer scharfen Lupe nachsieht. Hierauf hebt man das Quecksilber in der Kammer des Hauptbarometerrohres immer höher über alle drei Spitzen  $g$ , bis es aus  $K_2$  in das Sprengelrohr  $s$  übergeht. Dort fällt es dann mit hartem, metallischem Schlag ab, ohne Luftsäulchen zu bilden. Wenn dies geschehen ist, kann man die Verbindung des Instrumentes mit der Luftpumpe unterbrechen und den Stand des Quecksilbers in dem Sprengelrohr mit Hilfe des Hahnes  $h$  ausregulieren.

Zur Montierung des Instrumentes gehört es in weiterer Folge auch, das Quecksilber in der offenen Kammer des Barometerrohres nach längerem Gebrauch zu erneuern und die Glaswand dieses zylindrischen Rohres bei dieser Gelegenheit zu reinigen. Wenn der Schlitten in seine untere Lage gebracht wurde, in welcher er stehen muß, um die barometrischen Messungen zu machen, wenn ferner in dieser Lage alle Konstanten bestimmt wurden und das Instrument dann in dauernden Gebrauch genommen wird, so muß der freibleibende Raum zwischen dem oben offenen Raum zwischen dem offenen Rohr und der in dieses Rohr hineinragenden Schraube, am oberen Ende mit reiner Watte ausgestopft werden, damit die Oberfläche des Quecksilbers gegen fallenden Staub und andere Unreinlichkeiten, die darauf kommen könnten, geschützt ist. Dieser Wattepfropf, durch den hindurch die Spitze der Mikrometerschraube geht, hindert die Bewegung derselben absolut nicht und bietet Gewähr dafür, daß der Meniskus lange Zeit rein bleibt. Nach Verlauf von Jahren jedoch — zumindest nach allen 5 Jahren — ist auch durch dieses Abschlußmittel manches Partikelchen durchgedrungen und es erübrigt sich nunmehr die Vornahme einer Nachmontierung, die hiermit beschrieben sein möge.

Bei dieser wird vorerst die sonst nie zu öffnende Klemmung des Schlittens  $Sch$  geöffnet, der Schlitten möglichst weit hinaufgeschoben, das Ventil  $s$  geschlossen, das Quecksilber mit einem kleinen reinen Stahllöffelchen so weit als möglich herausgelöffelt und schließlich, bei untergehaltener Porzellanschale,  $K_1$  abgeschraubt und gründlich gereinigt. Hierbei fallen in die Schale nur ganz kleine Mengen Quecksilber aus dem engsten unteren Teile von  $K_1$ . Nach der Reinigung wird  $K_1$  wieder gut aufgepaßt und in der vorher erwähnten Weise die Füllung durch vorsichtige Öffnung von  $s$  ausgeführt. Um das Quecksilber wieder zu ergänzen, läßt man die nötige Menge schließlich aus dem Füllrohr nachströmen. Ist dies alles geschehen, so wird der Schlitten  $Sch$  wieder hinabgeführt und neuerdings in solcher Stellung geklemmt, daß das Mittel der Ablesungen der Zwanzigstelmillimeterteilungen, in bezug auf den als Nullstrich gewählten Strich auf die Marke 750 des Bettes bezogen, rechts und links gleich Null ist, oder wird das Mittel der Ablesungen als Konstante in Rechnung gestellt. Hierbei muß auch wieder die Vertikalstellung des Instrumentes kontrolliert werden.

Wenn es erwünscht ist auch wieder die Hauptkonstante, nämlich die „Null-

punkte“ der Mikrometerschraube zu bestimmen, so muß wieder das Hilfsrohr  $K_3$  aufgesetzt werden. Nachdem man durch den Hahn  $h$  reine trockene Luft hat einströmen lassen, bestimmt man den Nullpunkt wie vorher beschrieben. Um dies zu ermöglichen, verfährt man folgendermaßen. Mit dem Hahn  $h$  wird ein in ein Näpfchen mit Quecksilber reichendes Glasrohr, von der in Fig. 2 ersichtlichen Form, verbunden, welches durch ein weiteres Verbindungsstück  $v$ , mit seitlich angesetztem Rohr, an das Ende des Sprengelrohres  $sp$  angeschlossen ist. Das seitlich angesetzte Rohr dient dazu, die Verbindung mit der Luftpumpe zu ermöglichen. Auch hier müssen Rohre mit Trockenmitteln zwischengeschaltet werden. Vorerst läßt man den Hahn  $h$  noch geschlossen und evakuiert. Ist das Vakuum hergestellt, so öffnet man den Hahn  $h$ , worauf das Quecksilber aus dem Sprengel-fallrohr herausgedrückt wird, und man kann dann trockene Luft von der Luftpumpe aus einströmen lassen. Alles was weiter zu geschehen hat, ist schon in der früheren Beschreibung des Vorganges zur Bestimmung dieser Hauptkonstante angegeben.

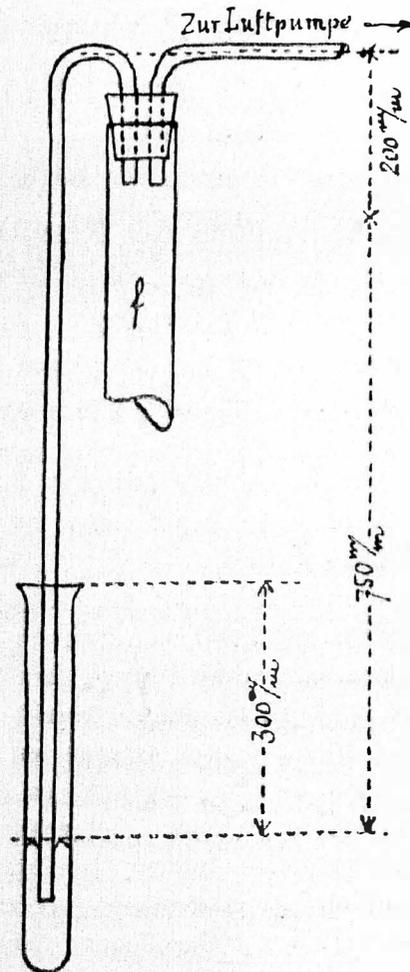


Fig. 3.

Sollte es infolge eines Unfalles dazu kommen, daß das Schlangenrohr  $K_1$  oder das Füllrohr  $f$  zerbrochen würde, so ist vor allem der Verbindungshahn  $h_1$

zu schließen. Wenn das neue Rohr eingesetzt ist, so kann, nachdem wieder das Vakuum bei geschlossenem Hahn  $h_2$  mittels der Luftpumpe hergestellt wurde (durch Anschließen der Luftpumpe bei dem Hahn  $a$ ), der Teil des Barometers, der die Rohre  $R$ ,  $f$  und die Pumpe  $p$  enthält, der also vom Hahne  $h_1$  aus weg vom Hauptrohrsystem des Barometers liegt, nach Schließen des Hahnes  $a$  und vorsichtigem Öffnen des Hahnes  $h_2$ , aus dem Füllrohr  $f$  nachgefüllt werden. Noch empfehlenswerter ist es, die Luftpumpe oben am Füllrohr anzuschließen, nach dem das Füllrohr mit einem guten Gummistöpsel mit zwei Bohrungen verschlossen wurde. Durch eine Bohrung führt ein Rohr, welches zur Luftpumpe geleitet werden kann, durch die andere Bohrung ein Rohr, welches in ein Gefäß mit dem reinen Füllquecksilber reicht. Die Anordnung ist aus der vorstehenden Fig. 3 leicht zu verstehen.

## Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von Alfred Noetzli, Dipl. Ing. aus Hönngg (Zürich).

(Fortsetzung.)

### IV.

#### Zusammenstellung der Resultate.

Aus den vorliegenden Untersuchungen über die Zielgenauigkeit ergeben sich die nachfolgenden Resultate und Folgerungen:

1. Die Genauigkeit einer Zielung mit Fernröhren ist im wesentlichen eine Funktion der Fernrohrvergrößerung und der Form, Gestaltung und Sichtbarkeit des Zielobjektes.

2. Prinzipiell besteht Proportionalität zwischen Fernrohrvergrößerung und Visiergenauigkeit; solche Verhältnisse liegen aber nur vor, wenn der Faden direkt vor dem Zielobjekt bewegt wird.

3. Bei Fäden im Fernrohr selbst wächst die Zielgenauigkeit unter günstigen äußeren Verhältnissen ungefähr mit der Quadratwurzel aus der Vergrößerungszahl. Die relative Genauigkeitsabnahme wird hervorgerufen durch äußere Einflüsse (Parallaxe, Luftbewegungen etc.). Bietet ein Zielobjekt ungünstige Pointierungsverhältnisse, daß der Zielfehler aus diesem Grunde so groß wird, daß die Einwirkungen der äußeren Einflüsse in ihm aufgehen, so kann wieder nahezu Proportionalität vorausgesetzt werden zwischen Zielgenauigkeit und Vergrößerung. Sind aber die Einwirkungen besonders infolge Oszillation bedeutender, weshalb dann auch die Parallaxe viel unsicherer beseitigt werden kann, so wird das Verhältnis zwischen Zielgenauigkeit und Vergrößerung noch ungünstiger, und man erreicht, je nach dem Grade der Oszillation, früher oder später die sog. «tote Vergrößerung». Noch stärkere Vergrößerungen würden dann nicht nur keine weitere Erhöhung der Zielschärfe ergeben, sondern eher zu einer Genauigkeitsverminderung führen.

ÖSTERREICHISCHE  
ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

ORGAN

DES

VEREINES DER ÖSTERR. K. K. VERMESSUNGSBEAMTEN.

Redaktion: Hofrat Prof. E. Doležal und Bauinspektor S. Wellisch.

Nr. 7.

Wien, 1. Juli 1915.

XIII. Jahrgang.

Das neue Normalbarometer „Marek“ der  
k. k. Zentralanstalt für Meteorologie u. Geodynamik.

Von Ing. Rud. Pozděna.

(Fortsetzung.)

Bestimmung der Konstanten des Normalbarometers.

Es sei bei einer mittleren Temperatur  $t$  der Meniskus des Quecksilbers im Hauptbarometerrohr  $K_2$  genau auf irgendeine der eingeschmolzenen Glasspitzen  $g$  eingestellt. Dasselbe gelte für den unteren Meniskus im Barometerrohr  $K_1$  und für die Spitze der Mikrometerschraube  $\sigma$ . An dieser Schraube wäre dann eine Ablesung an der Trommel und der Scheibe zu machen, welche allgemein mit  $N$  bezeichnet werden möge.

Sei nunmehr der Schlitten bis zum obersten Indexplättchen des Bettes gehoben und daselbst so festgeklemmt, daß die mittlere Ablesung an den Zwanzigstelmillimeterteilungen gleich Null wäre, dann das Quecksilber in das Hilfsrohr  $K_3$  eingelassen, in  $K_2$ , bis zur Höhe der eingeschmolzenen Glasspitze  $g$  (gleichgültig ob  $g_1$ ,  $g_2$  oder  $g_3$ ) mittels der Kolbenpumpe  $p$  gepreßt und dem Quecksilber Zeit gelassen worden, sich (nach dem Gesetze der kommunizierenden Röhren) im Rohre  $K_3$  zur Ruhelage einzustellen. Die Spitze  $g$  befindet sich dann in einer Horizontalebene mit dem oberen Teil des Meniskus des Quecksilbers auch im Rohr  $K_3$ . Stellt man nunmehr auch hier wieder die Schraube auf die Oberfläche des Quecksilbers mit der Spitze ein, so ergebe sich eine Ablesung, die mit  $N_0$  bezeichnet sein möge.

Bemerkt wurde bereits, daß die Ablesungen an der Mikrometerschraube ihren Werten nach wachsen, wenn sich die Schraube in die Mutter hineinschraubt, wenn sich die Spitze also senkt.

Allgemein läßt sich der vertikale Höhenunterschied der Quecksilberkuppen in den beiden Barometerkammern  $K_1$  und  $K_2$  durch die Gleichung angeben:

$$\Delta = D + N - N_0 \quad \dots \dots \dots 1)$$

In dieser Gleichung bezeichnet  $D$  den Höhenunterschied (Mittelwert zwischen rechtseitiger und linkseitiger Distanz) der Marken auf dem Plättchen 0 und 750; vermehrt wird er noch um die Millimeter der Schraubenangabe, welche aus den beiden Schraubenwerten  $N$  und  $N_0$  errechnet werden können, wobei vorausgesetzt wird, daß die Schraube so gut und präzise gearbeitet ist, daß die Ganghöhe wirklich 1 mm ist. (Bei der Mikrometerschraube, welche sich an dem Barometer der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik befindet, ist diese Bedingung so genau erfüllt, daß die vorhandenen Fehler der Schraube vernachlässigt werden können, da sie von der Größenordnung der unvermeidlichen Beobachtungsfehler sind, die an dem Untersuchungsinstrumente vorkommen, obwohl dies ein solches von hoher Vollkommenheit ist.)

Die Bestimmung des  $D$  an einem Komparator durch Vergleichung mit einem Hauptnormalmeterstab ergab für das in Frage stehende „Bett“ den Wert:

$$D = 750 \cdot 1575 \text{ mm} + 0 \cdot 00844 \text{ mm} (t - 20)$$

Die Untersuchung der Mikrometerschraube ergab für 50 Schraubengänge einen Wert von  $50 \text{ mm} - 1 \cdot 56 \mu$  bei  $19 \cdot 3^\circ \text{ C}$ . Der geringe periodische Schraubenfehler wird sich aus einer größeren Menge vorgenommener Beobachtungen am Instrument ganz eliminieren; die fortschreitenden Schraubenfehler dürften kaum den Wert von  $\pm 10 \mu$  erreichen.

Dem angegebenen Wert für die Schraubendimension und der Ausdehnung des Materiales ( $11 \cdot 26 \mu$  pro  $1^\circ \text{ C}$  und pro 1 m Länge), wird Rechnung getragen, wenn man in die Gleichung 1) an Stelle von  $N - N_0$  den Ausdruck setzt:

$$N - N_0 (0 \cdot 9999766 + 0 \cdot 0000084 (t - 20)).$$

Die Schraubenablesung  $N_0$  bleibt für eine bestimmte Temperatur immer die gleiche, vorausgesetzt, daß weder der Aufmontierungsort, die Stellung des Bettes, noch die der Einzelbestandteile des Instrumentes gegeneinander irgendwie geändert wird.  $N_0$  ist demnach eine der Konstanten des Apparates, deren Größe allerdings etwas von der Temperatur beeinflusst wird. Angenommen, es sei der Wert desselben bei genau  $20^\circ \text{ C}$ :  $N_0 20$ , so wird, bei zunehmender Temperatur, infolge der Ausdehnung des Materiales, die eingeschmolzene Glasspitze — allgemein mit  $g$  bezeichnet, da die Hauptbefestigung oben erfolgt, relativ zum Schlitten  $Sch$  sinken. Um wieviel diese Senkung erfolgt, ist von vornherein nicht anzugeben, weil es eine Streitfrage bleiben kann, ob die Kammer  $K_g$  des Hauptbarometerrohres bei der Senkung auf dem Ansatz des Bettes, in der Nähe der Buntaschen Spitzen aufliegen bleibt und sich in diesem Fall das Hauptbarometerrohr in die Stopfbüchsen des Stahlblockes hineinschiebt, oder ob das Umgekehrte eintritt, nämlich daß das Rohr in der Stopfbüchse festgehalten wird und die Auflagerung am Ansatzstück des Bettes eine bald bessere bald mindere ist. Bei der Montierung wurde darauf gesehen, daß die Auflagerung auf das Ansatzstück mit großer Sorgfalt erfolgte und, da das mit Quecksilber gefüllte Barometerrohr ja immerhin ein ganz beträchtliches Gewicht hat, so scheint es wenigstens plausibel, daß der zuerst erwähnte Fall eintritt. Da übrigens die Differenz der Ausdehnungskoeffizienten zwischen Glas und Gußeisen nur zirka

rund  $3\mu = 0.003 \text{ mm}$  pro  $1^\circ \text{ C}$  und pro  $1 \text{ m}$  beträgt, da ferner in dem Raum, wo das Normalbarometer aufmontiert ist, die Temperaturschwankungen nicht allzu groß sind, so dürfte eine irrige Annahme bei dieser Hypothese keine zu schwerwiegenden Folgen haben.

Aus Abmessungen, die man mittels Maßstabes und Zirkels direkt an dem fertig montierten Instrument (Distanz des Aushängepunktes bis zum Ende jeder der eingeschmolzenen Glasspitzen etc.) machen kann und muß, kann man die Senkung der Glasspitzen  $g$  berechnen. Sie ergibt sich, unter der Annahme eines Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  für Glas von  $8.13 \mu$  pro  $1^\circ \text{ C}$  und  $1 \text{ m}$ , für Gußeisen von  $11.26\mu$  pro  $1^\circ \text{ C}$  und  $1 \text{ m}$ , wie folgt:

Eingeschmolzene Glasspitze $g_1$	:	$0.001192 \text{ mm}$	$(t-20)$	*
„ „ „ $g_2$	:	$0.001290$	„ „ $(t-20)$	*
„ „ „ $g_3$	:	$0.001428$	„ „ $(t-20)$	*

Das Muttergewinde der Mikrometerschraube  $\alpha$  befindet sich über dem Schlitten  $Sch$  in einer Fassung aus Rotguß. Der Abstand dieser Fassung von den Klemmschrauben des Schlittens ist  $102 \text{ mm}$  (Abstand der Sicherung gegen eventuellen toten Gang von der oberen Kante des Schlittens)  $+ 100 \text{ mm}$  (Abstand der oberen Kante des Schlittens von der Schlittenklemmschraube), also zusammen  $202 \text{ mm}$ . Unter Berücksichtigung des bereits erwähnten Ausdehnungskoeffizienten für Rotguß ( $\alpha = 0.01890 \text{ mm}$  pro  $1^\circ \text{ C}$  und  $1 \text{ m}$  Länge), ergibt sich eine Hebung der Schraube von  $20^\circ$  auf  $t^\circ$  um:

$$0.00305 \text{ mm} (t - 20).$$

Gleichzeitig senkt sich aber auch die freihängende Spitze der Mikrometerschraube um den Betrag ihrer eigenen Ausdehnung nach unten. Dieser ist nicht gleich, je nachdem man nämlich im Hauptbarometerrohr entweder die Glasspitze  $g_1$ ,  $g_2$  oder  $g_3$  zur Einstellung des oberen Quecksilbermeniskus benutzt. Rechnet man mit dem wohl auch für den Stahl als gültig annehmbaren Ausdehnungskoeffizienten des Eisens, der früher bereits angegeben wurde, so ergibt sich aus dem Umstande, daß bei Einstellung des Quecksilbermeniskus auf die oberste der Glasspitzen im Hauptbarometerrohr, die Länge der Stahlspitze der Mikrometerschraube auf die Quecksilberoberfläche im offenen Barometerrohr eingestellt eine Länge von gerade  $200 \text{ mm}$  hat, ein Betrag für die Längenänderung derselben mit der Temperatur für die Einstellung

auf die Glasspitze $g_1$	mit	$0.00225 \text{ mm}$	$(t-20)$
„ „ „ $g_2$	„	$0.00239$	„ „ $(t-20)$
„ „ „ $g_3$	„	$0.00258$	„ „ $(t-20)$

---

*) Abstand der 1. Spitze $g_1$	vom Aushängepunkt (nach der letzten Messung)	$93 \text{ mm}$
„ „ 2. „ $g_2$	„ „ „ „ „	$( \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } ) 105 \text{ „}$
„ „ 3. „ $g_3$	„ „ „ „ „	$( \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } ) 122 \text{ „}$

Abstand der 1. Spitze $g_1$	vom Auflager (nach der letzten Messung)	$42 \text{ mm}$
„ „ 2. „ $g_2$	„ „ „ „ „	$( \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } ) 30 \text{ „}$
„ „ 3. „ $g_3$	„ „ „ „ „	$( \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } \text{ „ } ) 13 \text{ „}$

Aus den vorher ausgerechneten Werten der Hebungen resp. Senkungen der Metallbestandteile des Meßapparates, bestehend aus Schlitten und Mikrometerschraube, ergibt sich für den Ausdruck:

$$N_u - N_0 20$$

Für Spitze 1	Für Spitze 2	Für Spitze 3
+ 0 00305	+ 0 00305	+ 0 00305
+ 0 00119	+ 0 00129	+ 0 00143
+ 0 00424	+ 0 00434	+ 0 00448
- 0 00225	- 0 00239	- 0 00258
+ 0 00199 ( $t-20$ )	+ 0 00195 ( $t-20$ )	+ 0 00190 ( $t-20$ )

Wie aus der Tabelle des Anhanges zu entnehmen ist, wurden die Werte von  $N_0 20$  durch Beobachtung bestimmt. Aus dieser Tabelle ist auch der ganze Gang des Experimentes zur Bestimmung von  $N_0$  deutlich zu ersehen. Aus der letzten Bestimmung ergaben sich, wie dort zu entnehmen ist

$$\begin{aligned} \text{für die Glasspitze } g_1 \dots N_0 20 &= 733 \cdot 2490 \\ \text{„ „ „ } g_2 \dots N_0 20 &= 745 \cdot 8830 \\ \text{„ „ „ } g_3 \dots N_0 20 &= (763 \cdot 249) \end{aligned}$$

Die Beobachtungen wurden zu einer recht ungünstigen Zeit und unter ebenso ungünstigen Umständen gemacht, da sie durchaus durchgeführt werden mussten. Sie sind rund auf  $\pm 0 \cdot 03 \text{ mm}$  richtig. Hat man Gelegenheit, Zeit und Umstände zu wählen, so ist es leicht möglich, diese Beobachtungen richtig auf rund  $\pm 0 \cdot 01 \text{ mm}$  im Maximum zu machen.

(Der eingeklammerte Wert für die Glasspitze  $g_3$  wurde auf rechnerischem Wege aus früheren Beobachtungen abgeleitet, da diese Spitze höchst selten, man kann ruhig sagen: fast nie, zur Messung benutzt wird. Es wird nämlich kaum jemals das Quecksilber so tief herabsinken gelassen. Im vorliegenden Fall [Beispiel des Anhanges] wurde daher auch, der erwähnten Umstände halber, davon abgesehen, den Quecksilbermeniskus des Hauptbarometerrohres bis zur Höhe der Spitze  $g_3$  herabrücken zu lassen, und man begnügte sich, den eingeklammerten Wert, aus früheren Beobachtungen mit allen drei Spitzen, rechnerisch zu bestimmen.)

Die bisher abgeleiteten Formeln lassen nun mit den Argumenten  $N$  und  $t$  die Berechnung von Tabellen zu, aus denen sich die Distanz der Quecksilberkuppen (Menisken) in den beiden Barometerrohren  $K_1$  (offen) und  $K_2$  (geschlossen), die wir in der ersten Formel mit  $\Delta$  bezeichneten, entnehmen läßt.

## S p i t z e 1

	$\iota = 14^\circ$	$\iota = 20^\circ$	$\iota = 26^\circ$
$N = 720 \cdot \cdot$	736·8698 (735·1905)	736·9085 (734·4308)	736·9472 (733·6730)
736 · ·	752·8698 (751·1541)	752·9085 (750·3770)	752·9472 (749·6019)
752 · ·	768·8698 (767·1176)	768·9085 (766·3232)	768·9472 (765·5308)

## S p i t z e 2

	$\iota = 14^\circ$	$\iota = 20^\circ$	$\iota = 26^\circ$
$N = 734 \cdot \cdot$	738·2356 (736·5532)	738·2745 (735·7922)	738·3134 (735·0332)
750 · ·	754·2356 (752·5167)	754·2745 (751·7384)	754·3134 (750·9620)
766 · ·	770·2356 (768·4803)	770·2745 (767·6846)	770·3134 (766·8909)

## S p i t z e 3

	$\iota = 14^\circ$	$\iota = 20^\circ$	$\iota = 26^\circ$
$N = 748 \cdot \cdot$	734·8693 (733·1946)	734·9085 (732·4376)	734·9477 (731·6824)
764 · ·	750·8693 (749·1581)	750·9085 (748·3837)	750·9477 (747·6113)
780 · ·	766·8693 (765·1216)	766·9085 (764·3290)	766·9477 (763·5402)

(Fortsetzung folgt.)

## Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernröhren.

Von **Alfred Noetzli**, Dipl. Ing. aus Hängg (Zürich).

(Fortsetzung.)

In ganz ähnlicher Weise wird sich bei den meisten anderen räumlichen Zielobjekten der geodätischen Beobachtungstechnik eine solche verschiedenartige Auffassung ergeben. Alle diese vorkommenden Fälle im einzelnen zu untersuchen ist ein Ding der Unmöglichkeit, und lassen sich auch nicht mit Sicherheit bestimmte Verhältnisse angeben, nach denen eventuell eine Verbesserung der fehlerhaften Messungen herbeigeführt werden könnte; wenn ich hier trotzdem einige Beobachtungen mitteile, so geschieht es aus dem Grunde, um nachzuweisen, daß wirklich solche Auffassungsfehler aus den verschiedensten Ursachen vorkommen und welchen Grad der Verfälschung der Messungsergebnisse sie unter den behandelten speziellen Verhältnissen erreichen konnten.

Um mir vorerst Rechenschaft zu geben über die Zuverlässigkeit des Richtungsinstrumentes für solche Untersuchungen, d. h. zum Messen von größeren Richtungsdifferenzen, führte ich mit dem Fernrohr vom Passage-Instrument Gotthard und 78facher Vergrößerung eine Art Satzmessung nach verschiedenen nebeneinander aufgezeichneten Zielobjekten aus. Das Instrument (Ablesevorrichtung II, Angabe  $0^\circ 280''$ ) stand auf dem Pfeiler, die anvisierten Zielobjekte waren sechs Parallelstreifen von je ca. 0.2 mm Breite und 5 mm Höhe und befanden sich auf solider Unterlage in ca. 8 m Distanz vom Fernrohr.

schneidet und die zu  $A$  und  $B$  gehörigen Vertikalkreise gezeichnet. Dadurch entsteht das sphärische, rechtwinkelige Dreieck  $ZDP$ , aus welchem sich die bekannte Beziehung  $\sin f = \sin c \cdot \sec h$  ablesen läßt.

Man hat  $(\alpha + f)$  zu setzen, wenn die horizontal gerichtete Zielachse mit den linken Kippachsenende den  $\sphericalangle (90 + c)$  bildet und man hat  $(\alpha - f)$  zu setzen, wenn die horizontale Zielachse mit dem linken Kippachsenende den  $\sphericalangle (90 - c)$  einschließt.

## II. Kippachsenfehler.

Wenn nun nach Fig. 2. die Kippachse  $HH'$  die Neigung  $i$  besitzt, so daß das linke Ende höher liegt, so wird die Kippebene um  $i$  von der Vertikalebene nach rechts ausweichen und aus der Hilfskugel um  $C$  den Großkreis  $DR$  heraus-schneiden. Ist wieder der Höhenwinkel  $h$  bekannt, so schneidet der zugehörige, horizontale Kleinkreis aus dem Kippkreis  $DR$  jenen Punkt  $P$  ab, welcher die Ziellinie  $CP$  festlegt. Da wieder  $C_1P_1$  mit der Horizontalspur der richtigen, vertikalen Zielebene von  $B$  zusammenfällt, so ergibt sich der Richtungsfehler  $f$  in wahrer Größe. Wäre kein Kippachsenfehler  $i$  vorhanden, so müßte also die Zielvorrichtung von  $A$  nach  $B$  noch um  $f$  weitergedreht werden, oder es ist die gemachte Ablesung  $\alpha$  um  $f$  zu vergrößern.

Zur Erläuterung des mathematischen Zusammenhanges braucht man nur den Vertikalkreis  $ZP$  zu ziehen, um das sphärische, rechtwinkelige Dreieck  $PDE$  zu erhalten, aus welchem sich die bekannte Beziehung ablesen läßt:  $\sin f = \operatorname{tg} i \cdot \operatorname{tg} h$ .

Wäre das rechte Kippachsenende um  $i$  höher liegend, so wäre  $\alpha$  um  $f$  zu vermindern.

## Das neue Normalbarometer „Marek“ der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie u. Geodynamik.

Von Ing. Rud. Pozděna.

(Fortsetzung.)

Es ist nun nicht schwer, aus der Größe  $\Delta$  den absoluten Stand des Barometers  $B$  im Niveau der Quecksilberkuppe in der offenen Barometerkammer des Instrumentes zu bestimmen. Da diese Ableitung hier jedoch zu weit führen würde und eine längst bekannte ist, so sei hier auf die „Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures“, Band III, Partie D verwiesen.

Bei den bedeutenden Dimensionen der Rohrerweiterungen der Barometerrohre  $K_1$  und  $K_2$  (zirka 20 mm) fällt eine Korrektion infolge der Kapillardepression von vornherein weg. Der Sättigungsdruck des Quecksilberdampfes ist aus Landolt und Börnsteins „Physikalisch-Chemische Tabellen“, IV. Auflage 1912, pag. 376, nach Hertz, Wied, Ann. 17, 193, 1882 für die in Frage kommenden Temperaturen wie folgt zu entnehmen:

für $t = 10^{\circ}$	...	0.0005	mm	...	$\sigma$
„ $t = 14^{\circ}$	...	0.0008	„	...	„
„ $t = 20^{\circ}$	...	0.0013	„	...	„
„ $t = 26^{\circ}$	...	0.0023	„	...	„
„ $t = 30^{\circ}$	...	0.0029	„	...	„

Im allgemeinen wird, wie aus der vorhergehenden Beschreibung zu entnehmen ist, der Dampfdruck der Gase und Dämpfe im Vakuumrohr des Barometers gleich Null angenommen.

Die Kontrolle des Vakuums wird von Zeit zu Zeit — wann immer es erwünscht oder zweckmäßig erscheinen mag — ausgeführt und ist jederzeit möglich. Am Hauptbarometerrohr  $K_2$  befindet sich am Anfang des Überfallkapillarrohres eine Geißlersche Röhre mit drahtförmigen Elektroden angeschmolzen. Die Entladungserscheinungen in einer solchen Röhre gewähren bekanntlich noch Aufschluß über die höchsten Grade der Verdünnung. Das nur noch vereinzelt Hindurchgehen der Elektrizität bei relativ kräftigen Induktionsströmen oder das Fluoreszieren der Geißlerröhre, bietet ein sicheres Zeichen für ein tadelloses Barometervakuum. Bei Auftreten dieser Erscheinung ist man sicher, daß die barometrische Messung innerhalb eines hundertstel Millimeters (natürlich abgesehen von anderen Fehlerquellen) erfolgen kann.

Eine andere, rohere Kontrolle des Vakuums kann so vorgenommen werden, daß man aus dem Füllrohr  $f$  das Quecksilber so lange in das Hauptbarometerrohr  $K_2$  einströmen und es daselbst ansteigen läßt, bis es in das Sprengelrohr  $sp$  überfällt. Das Überfallen muß tropfenweise erfolgen. Sobald zwischen den einzelnen Säulchen der überfallenden Tropfen im Sprengelrohr auch mit der Lupe keine Gasbläschen mehr zu konstatieren sind, kann man ebenfalls annehmen, daß das Vakuum gut ist. Andererseits kann man aus der Länge des Säulchens im Sprengelrohr und aus der Größe des besagten Bläschens einen Schluß auf die Güte des vorhandenen Vakuums in der Kammer des Hauptbarometerrohres  $K_2$  ziehen.

Der Kompression der Quecksilbersäule durch ihr eigenes Gewicht kann durch Multiplikation mit dem Faktor:

$$1 - 0.0000020$$

Rechnung getragen werden.

Die Seehöhe des Normalbarometers der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ist 208.4 m. Die Polhöhe dieses Institutes ist 48° 14.9'. Der Schwerekraftsfaktor ergibt sich aus diesen Angaben mit 1.000252. (Siehe Trav. et Mém. T. I. pag. A 9.)

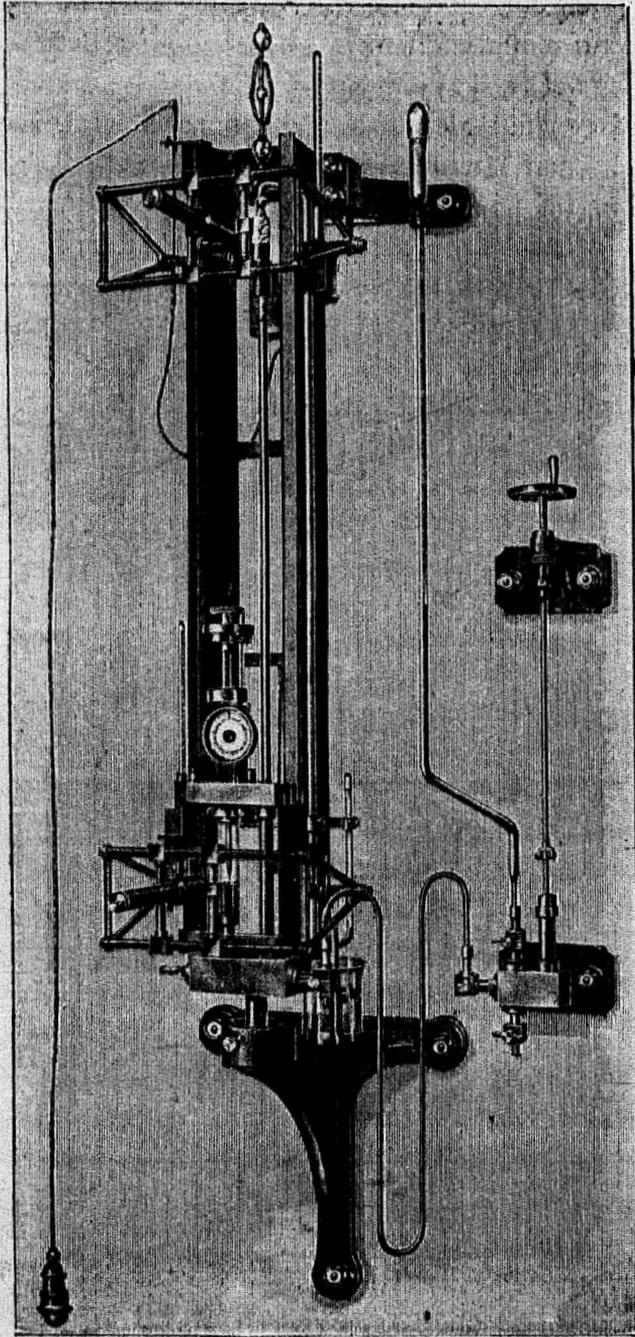
Unter Berücksichtigung der vorhergehenden Werte ergibt sich nun die folgende Formel zur definitiven Berechnung des Barometerstandes  $B$

$$B = 0.073573 \alpha \Delta_{\tau} + \sigma$$

Hierin bedeutet  $\Delta_{\tau}$  die Dichte des verwendeten Quecksilbers bei einer Temperatur  $\tau$  und einem Drucke von 760 mm.

Die errechneten Werte von  $B$  sind auf Seite 105 den Werten  $\Delta$  in Klammern ( ) beigefügt.

Zum praktischen täglichen Gebrauch müssen aus diesen Werten Tafeln berechnet werden, welche mit den Argumenten  $N$  und  $t$  direkt das  $B$  geben. Diese Tafeln müssen von Millimeter zu Millimeter und von Grad zu Grad berechnet werden.



*Fig. 4.*

Die Temperatur  $t$  ist aus Tafeln zu entnehmen, die streng untersuchten, das heißt mit Hauptnormalen verglichenen Thermometern beigegeben wurden, welche in zwei Metallklötze eingelassen sind, die vermittels Trägern, symmetrisch

zur Höhenmitte des Instrumentes, rechts und links am Bette angebracht sind. An diesen beiden Thermometern haben die Temperaturablesungen zu erfolgen und ist das Mittel der korrigierten Ablesungen als Temperatur des Quecksilbers anzusehen.

### Journal der Nullpunktbestimmung.

1911		Temperatur Thermometer Jaborka Nr. 1262	Ablesung am Index $i$			Unkorrigiertes $N_0$ für			Anmerkungen
Monat	Tag		links	rechts	Mittel	Spitze 3	Spitze 2	Spitze 1	
März	13.	13.400	+0.35	-0.15	+ 0.125	745.776	733.151	10. Strich am Index = 0 Strich. 1. Strich = 1 gezählt. Lesung nach abwärts +	
		20	+ 0.100			.774	.150		
		— 13.400				.773	.148		
		$-\Delta = 6.600$			.771	.149			
		13.400	+0.35	-0.10	+ 0.125	.778	.147		
			+ 0.125			.775	.148	745.7744	733.1486
						745.774	733.147	$i$ : + 0.1125	+ 0.1125
							— 0.0129	— 0.0131	
						745.774 <sub>1</sub>	733.148 <sub>6</sub>	745.8740	733.2480
	15.	12.000	+0.30	0.00	+ 0.1375	745.779	733.143		
			+ 0.150			.781	.141		
		20				.782	.141		
		12.450			.779	.139			
		$-\Delta = 7.550$			.782	.140			
		12.900	+0.25	0.00	+ 0.125	745.779	733.136	$i$ : + 0.1375	+ 0.1375
			+ 0.125			.778	.137	745.7800	733.1396
						745.779	733.136	— 0.0147	— 0.0150
						745.780 <sub>6</sub>	733.139 <sub>6</sub>	745.9028	733.2621
	16.	12.400	+0.35	-0.10	+ 0.1000	745.788	733.152		
			+ 0.125			.788	.151		
		20				.786	.151		
		12.580			.785	.152			
		$-\Delta = 7.420$			.788	.152			
		12.700	+0.30	-0.15	+ 0.1000	.783	.150	745.7867	733.1517
			— 0.075			745.789	733.151	$i$ : + 0.1000	+ 0.1000
						745.786 <sub>7</sub>	733.151 <sub>7</sub>	— 0.0145	— 0.0148
							745.8722	733.2369	
							.9028	.2621	
							.8740	.2480	
							<u>745.8830</u>	<u>733.2490</u>	

(Schluß folgt).