

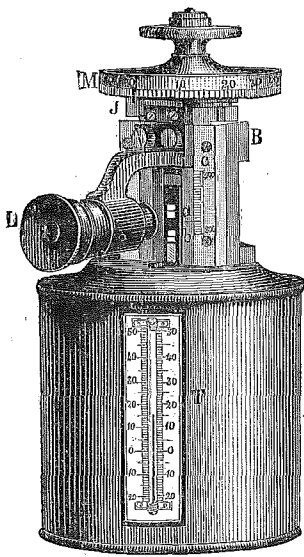
Ueber ein abgeändertes Aneroidbarometer und Beziehung zwischen Luftdruck, Temperatur und Höhe in der Atmosphäre

von

Prof. A. Weilenmann.

Ich habe im Jahrgange 1872 dieser Vierteljahrsschrift einen Abänderungsvorschlag des Goldschmid'schen Aneroidbarometers gemacht, von dem ich eine wesentlichere Genauigkeit und eine grössere Constanz der Correctionen erwartete, als bei den frühern Constructionen. Seither ist diese Idee ausgeführt worden, und ich habe im Laufe des verflossenen Jahres ein Instrument dieser Art auf's eingehendste geprüft und werde in Folgendem die vielleicht nicht uninteressanten Untersuchungen und Ergebnisse mittheilen.

Herr Goldschmid führte zuerst das Instrument wirklich in der im vorigen Jahrgange angegebenen Weise aus. Es zeigte sich aber eine Unbequemlichkeit bei diesem, die es für Reisen nahezu untauglich gemacht hätte; es musste nämlich mittels einer Libelle sorgfältig horizontal gestellt werden, um richtige Ablesungen zu erhalten. Diesem Uebelstande wurde dadurch gründlich abgeholfen, dass das Ablesemikroskop und Mikrometer nicht an der Seitenwand, sondern mitten auf der obern Fläche des Büchsengehäuses angebracht wurde. Es erhielt dadurch allerdings eine grössere Höhe, ist aber immerhin noch ein sehr bequem



transportables Instrument. Dasselbe besitzt demnach jetzt folgende Construction:

Es stehen fünf bis sechs Goldschmid'sche kreisrunde Büchsen senkrecht über einander in einem Gehäuse *A*. Auf der obersten ist ein senkrechter Metallstab *a* festgelöthet, sowie auch die Büchsen fest zusammen gelöthet sind. Am obern Ende trägt *a* einen feinen horizontalen Strich, welcher sich durch die Ausdehnung der Büchsen oder durch Zusammenziehen hebt oder senkt. Diese Hebung oder Senkung wird durch ein Ablesemikroskop

L bestimmt, das mit einem Fadenkreuz versehen ist, und sich mittelst der Mikrometerschraube *Mm* in auf der Mitte des obern Bodens stehenden Coulissen verschieben lässt, bis das Fadenkreuz genau mit der Marke übereinstimmt. An einer auf der Coulisse angebrachten Scale *c* können die ganzen Schraubengänge, auf der Trommel der Schraube die Hundertstelgänge direkt abgelesen und die Tausendstel noch leicht geschätzt werden. Da durch Erschütterungen, beim Demontiren der Schraube behufs der Reinigung, das Mikroskop seine Lage verändern kann, so ist auf dem Boden *f* in der gleichen Verticalen mit der Marke *a* ein mit einem fixen Strich *b* versehener Stab angebracht, und durch Einstellung auf diesen kann man sich jederzeit leicht von einer allfälligen Lagenänderung des Mikrosopes überzeugen. Endlich ist am Gehäuse zur

Bestimmung der Temperatur ein Thermometer T angebracht.

Die Beobachtung ist, wenn ich den Vergleich aussprechen darf, ganz ähnlich wie beim Meridiankreise, wo mittelst des Quecksilberhorizontes der Nadirpunkt bestimmt und dann durch das Ablesemikroskop die Zenitdistanzen der Sterne ermittelt werden.

Das so construirte Barometer hat folgende Vortheile gegenüber den frühern, bei gleich scharfer Ablesung:

Gar keine Hebelübersetzung, demnach keine Abnutzung von Charnieren. Die Büchsen sind total frei, und in Folge dessen ihre Einstellung bei Aenderung des Luftdruckes sozusagen momentan, so dass kein Klopfen am Instrumente nöthig ist, wie bei andern Barometern.

Die Nullpunktveränderung kann jederzeit bestimmt werden, was bei den andern, wo Abnutzungen der Mikrometerschraubenspitzen oder anderer Theile vorkommen, nicht möglich ist. Natürlich, wenn das ganze Instrument auseinander genommen worden ist, so ist eine neue Vergleichung mit einem Normalbarometer nöthig, wie selbst bei einem Fortin. Dagegen kann das ganze Mikrometer mit Ausnahme der Marke, ohne eine neue Vergleichung nöthig zu machen, jederzeit, selbst auf Reisen, behufs allfälliger Reinigung von Staub, ohne weiteres demontirt werden. Es können also höchstens Veränderungen vorkommen in Folge wirklicher Veränderung der Büchsen.

Der noch sicherern Unveränderlichkeit wegen, würde ich allerdings wünschen, dass die Büchsen auf dem untern Boden des Gehäuses, die feste Marke auf dem obern Boden und dieser selbst am Gehäuse festgelöthet wären, statt

bloss festgeschraubt, wenn diess nicht bei allfälligen Reparaturen der Büchsen zu grosse Schwierigkeiten bieten würde. Bis jetzt habe ich freilich noch keinen Nachtheil der Haftschrauben verspürt.

Endlich ist die Theorie eines solchen Instrumentes einfacher und sicherer als die der andern, weil nichts als die Büchsen zu berücksichtigen sind. Namentlich lässt sich, wie wir sogleich sehen werden, der Einfluss der Temperatur leichter übersehen und in Rechnung bringen.

Gehen wir zunächst zur Ableitung der Beziehungen zwischen dem Barometerstande und den Hebungen und Senkungen der Büchsen über. Die gewellten Oberflächen biegen sich so lange bis die Elasticität dem verticalen Drucke das Gleichgewicht hält. Jedenfalls kann mit Sicherheit angenommen werden, dass wenn die Flächen unter dem Drucke sich biegen, bei der Festigkeit des Bleches nur eine Senkung oder Hebung dadurch entstehen kann, dass die Wellen durch Biegung in den Wellenbergen und Thälern sich verflachen oder zusammenziehen, dass aber der Umfang einer Welle immer derselbe bleibt, weil sonst im Gegentheil ein wirkliches, sehr unwahrscheinliches, Auseinanderreissen der Blechatome stattfinden müsste. Hieraus ergibt sich, dass sich jedes Theilchen vertical heben oder senken muss unter einem gleichmässig vertheilten verticalen Drucke.

Es sei P der verticale Druck auf die Flächeneinheit der Ebene, unter welchem ein Theil $\Delta \chi$ der Fläche zwischen zwei Wellenthälern steht, wenn die Fläche horizontal ist, d. h. wenn die untersten Partien der Wellenthäler in einer Ebene liegen, p der Druck bei einer Senkung h unter dieses Normalniveau.

Die diese Senkung bewirkende Kraft für $\Delta\chi$ ist dann offenbar $(p - P) \Delta\chi$. Irgend ein $\Delta\chi$ senke sich bis $\Delta\zeta$ und der Winkel zwischen $\Delta\chi$ und $\Delta\zeta$ sei α . Die dadurch in der Richtung $\Delta\zeta$ entstehende elastische Kraft sei E . Von dieser fallen die horizontalen Componenten, als nur eine Veränderung der Ringdurchmesser bewirkend, nach dem oben erwähnten ausser Betracht, und es bleibt noch die verticale Componente $E \sin \alpha$. Wir haben also

$$1) \quad (p - P) \Delta\chi = E \sin \alpha$$

Die elastische Kraft E wird schon einen bestimmten Betrag E_0 haben in horizontaler Lage der Wellenflächen. Den neu hinzutretenden Theil bei der Einbiegung können wir jedenfalls mit genügender Genauigkeit der Höhendifferenz Δh zweier benachbarter Wellenthäler proportional setzen und bekommen

$$E = E_0 + \varepsilon \cdot \Delta h$$

Ist aber $\Delta\chi$ der Abstand zweier benachbarter Wellenberge in horizontaler Lage, so ist

$$\Delta h = \Delta\chi \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

folglich

$$2) \quad E = E_0 + \varepsilon \cdot \Delta\chi \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Somit ist

$$3) \quad p - P = \left(\frac{E_0}{\Delta\chi} + \varepsilon \operatorname{tg} \alpha \right) \sin \alpha$$

Da der Winkel α nur klein ist, so können wir uns jedenfalls mit den 3. Potenzen von $\operatorname{tg} \alpha$ begnügen und setzen

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha \left(1 - \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \alpha \right)$$

also

$$4) \quad p - P = \frac{E_0}{2\lambda} \operatorname{tg} \alpha + \varepsilon \operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{E_0}{2\lambda} \operatorname{tg}^3 \alpha$$

Der Neigungswinkel hängt also einzig von dem gleichmässigen Druck p ab und ist somit konstant. Wenn also h die Senkung der Flächenmitte bezeichnet, und r den Büchsenradius

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{r}$$

Befinden sich $2n$ -Büchsen über einander und ist H die Totalsenkung, so ist

$$h = \frac{H}{2n}$$

Setzen wir also

$$\frac{E_0}{2rn\lambda} = \xi \quad \frac{\varepsilon}{4r^2n^2} = \eta$$

so haben wir mit genügender Näherung, selbst wenn nicht alle Büchsenflächen gleich eingesenkt sind:

$$5) \quad p = P + \xi H + \eta H^2 - \frac{\xi}{8n^2r^2} H^3$$

für die Beziehung zwischen dem Barometerstande p und der Senkung H .

Ist die Ablesung a gemacht worden und A diejenige für den horizontalen Stand der Oberfläche, so ist:

$$H = a - A$$

folglich

$$6) \quad p = P + \xi(a - A) + \eta(a - A)^2 - \frac{\xi}{8n^2r^2}(a - A)^3$$

Es sind also im Ganzen 4 Unbekannte zu bestimmen, abhängig von dem Material, dem Durchmesser, der Wellenlänge und dem Drucke in horizontaler Lage der Flächen.

Einfluss der Temperatur.

Bei einer Temperaturveränderung äussern sich zwei Kräfte. Da die Büchsenoberfläche grösser ist als nur dem Umfange entsprechend, so dehnt sie sich zu viel aus und es entsteht in Folge dessen eine Senkung. Im Innern der Büchsen befindet sich aber noch mehr oder weniger Luft, welche durch mit der Temperaturerhöhung vermehrter Spannkraft jener Senkung entgegen wirkt. Während aber die erste Kraft augenscheinlich constant ist, nimmt die letztere der Temperatur proportional zu. Wenn also vielleicht im Anfange die erstere grösser war, so kann nachher Gleichgewicht eintreten, und endlich durch das Uebergewicht der letztern eine Hebung statt der Senkung eintreten. Wenn die Büchsen nicht convex gekrümmt, sondern, wie es bei den guten Instrumenten der Fall sein muss, etwas einwärts gebogen sind, so dass sie bei den tiefsten Barometerständen höchstens horizontal werden (was schon der Fall ist, wenn die Einsenkung jeder Fläche nur $0,5^{\text{mm}}$ bei 800^{mm} Luftdruck beträgt, und auch daran erkennbar ist, dass der Werth eines Aneroidtheiles in Millimetern Quecksilber mit der Abnahme des Luftdruckes geringer wird oder nahe constant bleibt), so wird eine Erwärmung und Ausdehnung der Büchsen immer eine Senkung der Bodenflächen wegen dem auf ihnen lastenden Luftgewichte und keine Steigung zur Folge haben. Die Kraft mit der die Ausdehnung und folglich die Senkung stattfindet wird innerhalb der vorkommenden Temperaturgrenzen immer dieselbe sein. Setzen wir dieselbe gleich K_0 . Dieser Kraft widersteht aber bei einer Temperatur t der Druck der innern Luft, wenn die Kräfte bei 0° immer als im Gleichwichte stehend angenommen werden,

$$p' = \frac{R}{v} t$$

wo R eine Constante, v das Volumen des Büchsenhohlraumes ist. Letzteres kann bei dem geringen Wege, welchen die Bodenflächen überhaupt machen, als constant angesehen werden, und wenn k_1 eine Constante bedeutet, so ist

$$p' = k_1 t$$

Der Druck, mit welchem sich die Flächen zu senken bestreben, ist also

$$k = k_0 - k_1 t$$

und demnach die scheinbare Luftdruckvermehrung für die unendlich kleine Erwärmung dt

$$7) \quad dp = (k_0 - k_1 t) dt - k_1 dt$$

Das letzte Glied rührt von der Spannkraftvermehrung der innern Luft her.

Hieraus ergibt sich durch Integration:

$$8) \quad p = p_0 + mt - nt^2$$

wenn gesetzt wird:

$$m = k_0 - k_1 \quad n = \frac{k_1}{2}$$

und p_0 den Druck bei 0^0 bezeichnet.

Ferner ist offenbar:

$$9) \quad dH = \frac{dH}{dp} \cdot dp$$

$\frac{dH}{dp}$ ist offenbar nichts anderes als der Werth eines Millimeters Quecksilber in Aneroidtheilen ausgedrückt und kann für die Schwankungen innerhalb der Temperatur-

grenzen als constant angesehen werden. Unter dieser Annahme wird für

$$\frac{dH}{dp} = \mu$$

10) $H = H_0 + \mu(mt - nt^2)$

und wir haben somit

11 a) $H_0 = H - \mu(mt - nt^2)$

oder auch

11 b) $a_0 = a - \mu(mt - nt^2) = a - \Delta a$

Folglich wird dann

12) $p_0 = P + \xi(a_0 - A) + \eta(a_0 - A)^2 - \frac{\xi}{8n^2r^2}(a_0 - A)^3$

Wir erhalten also zunächst folgende für dieses Aneroidbarometer und die ohne Hebelübersetzung wichtige Sätze:

Die Temperaturcorrection bildet mit der Temperatur als Ordinate eine Parabel für denselben Barometerstand.

Die Temperaturcorrection der Ablesung ist in Millimetern Quecksilber ausgedrückt, mit grosser Annäherung jederzeit dieselbe, ändert sich also dem reciproken Werth einer Mikrometereinheit proportional.

Dieser Satz gilt wie leicht zu sehen auch für ein Büchensystem. Die experimentelle Bestätigung werden wir in den später folgenden Versuchsreihen finden.

Constructionsbedingungen.

Aus der theoretischen Untersuchung ergeben sich folgende Bedingungen für möglichst zweckmässige Construction der Instrumente:

1. Die Büchsen sollen so beschaffen sein, dass nach dem Auspumpen der nöthigen Luft die

Oberflächen in unsern Höhen ein wenig eingebogen sind. Dann ist der Einfluss von ηh^3 nahezu Null, der Werth des Mikrometertheiles nahezu constant, und die Temperaturcorrectionen bei allen Barometerständen dieselben.

2) Durch Veränderung der Menge der in den Büchsen restingen Luft kann der Scheitel der Parabel auf verschiedene Temperaturen verlegt werden. Ist derselbe zu weit von den gewöhnlich vorkommenden Temperaturen entfernt, so geht die Temperaturcurve zu steil, und die Correctionen werden zu gross. Ist derselbe gerade mitten in den gewöhnlichen Temperaturen, so haben wir den Nachtheil, dass die wirkenden Kräfte sich beständig um den Vorrang streiten und so etwas grössere Unregelmässigkeiten erzeugen können als weiter entfernt, wo die eine der Kräfte entschieden das Uebergewicht hat. Deshalb halte ich es, trotzdem in letzt genanntem Falle die Correctionen kleiner sind, für besser, wenn der Scheitel gerade an das eine Ende der gewöhnlich vorkommenden Temperaturen verlegt wird.

Ich will hiebei gleich noch folgende Regeln für anderweitige Constructionen beifügen:

3) Die Mikrometerschraube muss am untern Ende flach gewölbt sein, und auf einer ganz ebenen glasharten Stahlfläche ruhen.

4) Die Büchsen müssen möglichst parallel auf einander gelöthet, und sehr fest am Boden des Gehäuses befestigt sein und dürfen sich nicht allzu dicht über einander befinden, damit sie beim höchsten vorkommenden Barometerstande sich nicht berühren. Ferner soll das Gehäuse so hoch

sein, dass beim tiefsten Barometerstande, den man erreichen will, die Büchsen noch nicht oben anstossen.

5) Die bewegliche Marke soll sich möglichst senkrecht bewegen, so dass sie unter der Luftpumpe und senkrechtem Stande des Instrumentes bei jedem Luftdrucke durch das Mikroskop auch gut einstellbar ist.

Dass natürlich beim Schneiden der Mikrometerschraube die grösste Sorgfalt angewendet werden muss, dass alle unbeweglichen Theile sehr fest unter einander verbunden sind und eine sichere Festigkeit haben müssen, versteht sich von selbst.

Durch die Pressungen der Oberflächenwellen werden im Innern des Metalles Spannungen entstehen. Diese äussern sich auf zweierlei Art. Wenn das neue Instrument erwärmt und wieder abgekühlt wird, so kehrt es nicht mehr auf den frühern Stand zurück, sondern die Büchsen gehen zusammen.

Dasselbe geschieht, wenn der Luftdruck vermehrt und wieder vermindert wird. Die Spannungen vermindern sich und die Büchsen werden nachgiebiger.

Es müssen also, bevor eine definitive Temperaturcorrectionsbestimmung oder eine definitive Scalenbestimmung vorgenommen wird, dieselben provisorisch so lange vorgenommen werden, bis man bei der Rückkehr zum Anfangszustande die ursprünglichen Werthe wieder erhält. Natürlich sollen bei beiden gewisse Grenzen nicht überschritten werden. Diese mögen bei der Temperatur $+ 40^{\circ}$ und $- 10^{\circ}$, bei dem Luftdrucke 790^{mm} und 550^{mm} , höchstens 500^{mm} sein.

Innerhalb dieser Grenzen bekommt man nach einer grössern oder geringern Anzahl provisorischer Versuchsreihen auf und abwärts gehend dieselben Resultate. Geht man zu noch tiefern Barometerständen, so wird sich meist eine, wenn auch nicht für immer bleibende, Veränderung von ein bis zwei Millimeter zeigen. Vielleicht könnte auch diese bei genügend grosser Anzahl Versuchsreihen schliesslich nach langer Geduldprobe beseitigt werden. Da jedoch über die angeführten Grenzen hinaus Beobachtungen überhaupt, und namentlich solche, bei denen es sich um den Zehntelmillimeter handelt, selten vorkommen, so dürfte die Ausdehnung, welche die eines gewöhnlichen Fortin übersteigt, vollkommen genügend sein, und sollte für Fälle, wo man in ausnahmsweise grosse Höhen gelangt, ein einfacheres Instrument benutzen.

Wird das Instrument, sei es zur Scalenbestimmung oder sonst unter der Luftpumpe behandelt, so ist es sehr zweckmässig, die Druckänderung nur sehr langsam vor sich gehen zu lassen, um ein Reissen der Büchsen zu vermeiden, und die Aenderung eher dem Bergsteigen conform zu machen.

Es sind schon einige dieser Instrumente von Herrn Goldschmid ausgeführt worden, wovon das erste in meinen Händen ist, und mit dem die meisten Beobachtungen ausgeführt worden sind. Da eine Mikroskopablesung immer eine gewisse Helligkeit erfordert, so hatten wir den Gedanken, durch Anwendung von Elfenbeinstäben als Träger der festen und beweglichen Marke die Einstellung zu erleichtern. Es scheint aber, dass die Veränderungen dieses organischen Stoffes zu unregelmässig sind, denn eine Unregelmässigkeit von $0,02^{\text{mm}}$ in absoluter Länge bedingt schon 1^{mm} Unregelmässigkeit in der Angabe des Luft-

druckes. Wenigstens hat sich bis jetzt ein auf der hiesigen Sternwarte befindliches Instrument mit Markenträgern aus Elfenbein durchaus nicht bewährt. Ich möchte desshalb metallene Markenträger angewandt wissen, von denen der bewegliche fest mit der obersten Büchse verlöthet ist und höchstens ganz kleine eingeschobene Elfenbeinstückchen zulassen, obgleich ich sie eigentlich nicht für dringend nothwendig halte. Mein Instrument zeigt, dass die Metallmarken genügend Licht bei Tage sowohl als bei Nacht erhalten und sich sehr gut bewähren.

Versuchsergebnisse.

Die Gleichung 12 kann geschrieben werden:

$$13) \quad \left\{ \begin{array}{l} p = x + ya_0 + za_0^2 + ta_0^3 \\ \text{wobei} \\ x = P - \xi A + \eta A^2 + \frac{\xi}{8n^2 r^2} A^3 \\ y = \xi - 2\eta A^2 - \frac{3}{8n^2 r^2} \xi A^2 \\ z = \eta + \frac{3}{8n^2 r^2} \xi A \\ t = -\frac{\xi}{8n^2 r^2} \end{array} \right.$$

Werden die Constanten x , y , z , t auf gewöhnliche Art mittels der Versuchsreihen bestimmt, so können alsdann leicht die andern Unbekannten η , A , ξ , P daraus ermittelt werden, sofern man sie zu kennen wünscht.

Was die Temperaturcorrection betrifft, so wird man durch eine vorläufige Versuchsreihe bei gewöhnlichem Luftdrucke den Werth eines Scalentheiles in dieser Region bestimmen. Hierauf wird das Instrument in geeigneter Weise verschiedenen Temperaturen ausgesetzt und die

Veränderung in Scalentheilen bestimmt. Sehr praktisch ist hiezu ein von Herrn Goldschmid angewandter Blechkasten mit doppelten Wänden, zwischen welche Wasser gegossen werden kann.

Durch Erwärmung mittelst grössern oder kleinern Petroleum-, Spiritus- oder Gasflammen kann das Wasser beliebig lange auf derselben Temperatur erhalten werden, und so die Aenderungen mit Sorgfalt bestimmt werden. Die vordere Wand ist mit einer entfernbaren Glasscheibe geschlossen. Für tiefere Temperaturen kann der Raum zwischen den Wänden mit einer Kältemischung von Kochsalz und Schnee oder Eis gefüllt werden. Natürlich muss bei jeder Beobachtung der zugehörige Barometerstand notirt und die Normalmarke abgelesen werden. Die so erhaltenen Correctionen werden in Quecksilbermillimeter umgewandelt. Mittelst der Methode der kleinsten Quadrate, oder mit mehr als genügender Genauigkeit graphisch werden alsdann die Normalcorrectionen in Millimetern Quecksilber bestimmt, und nachher für die verschiedenen Barometerstände in Scalentheilen berechnet und die betreffenden Correctionen an die Ablesung unmittelbar angebracht.

Einfacher ist es jedoch, wenn die Correction erst an dem erhaltenen Barometerstande angebracht wird. Wir fanden nämlich:

$$p = p_0 + (mt - nt^2)$$

folglich

$$14) \quad p_0 = P + \xi(a - A) + \eta(a - A)^2 - \frac{\xi}{8n^2r^2}(a - A)^3 - \Delta p$$

wenn

$$15) \quad \Delta p = mt - nt^2$$

die Temperaturcorrection und a die bei der Temperatur t gemachte Ablesung bedeutet.

Die Constanten x, y, z, t und folglich auch η, ξ, A, P werden dann wie in Gleichung 13 ermittelt, wo an Stelle des a_0 einfach a gesetzt wird.

a. Temperaturversuche.

Ich werde zuerst die Versuche mittheilen, die ich mit meinem eigenen Instrumente gemacht habe, und bemerke, dass dieses zuerst die früher angegebene Form hatte und erst Ende März 1874 abgeändert wurde. Ein Theil der Beobachtungen ist in der ersten, ein anderer in der zweiten Form gemacht worden. Es hat diess aber, da es hiebei nur auf Differenzbeobachtungen ankommt, keinen Einfluss. Es kann die Constructionsänderung nur als eine constante Veränderung der Normalmarke angesehen werden, und somit die ganze Beobachtung auf denselben Nullpunkt gebracht werden.

Die Theilung der Scale geht von oben nach unten, um für zunehmenden Luftdruck wachsende Ablesungen zu erhalten. Als Einheit der mikrometrischen Ablesung nehme ich den Zehntelschraubenumgang, der circa $0,025^{\text{mm}}$ hoch ist. Nun wird eine fixe ganze Zahl, die in der Nähe der Markenablesung liegt, als ideelle Marke angenommen, und der Unterschied zwischen dieser Zahl und der wirklichen Markenablesung addirt, wenn letztere kleiner ist, subtrahirt wenn sie grösser ist. An meinem Instrumente nehme ich jetzt z. B. 400 als Nullpunkt an und lese bei der Marke meistens 398,82 ab, also ist die an der Ablesung der beweglichen Marke anzubringende Correction $+ 1,18$.

Dass im Anfange bei Erwärmungen eine Senkung der Büchsen, d. h. eine Abnahme der Spannung vorkommt, zeigt sich aus folgendem Beispiele. Den 30. Nov. 1873 war Mittags 2 Uhr der Stand des Fortin bei 0° $719,86^{\text{mm}}$ und nach der später angefertigten Reductionsscale die Angabe des Aneroid $719,16^{\text{mm}}$ auf 0° reducirt; also eine Differenz von $0,70^{\text{mm}}$. Dann wurde das Instrument erwärmt bis 52° , und es stand hierauf den 1. Dez. Morgens 8 Uhr, nachdem es wieder auf die Zimmertemperatur zurückgegangen, das Aneroid nach der gleichen Reductionstabelle nur noch um $0,20^{\text{mm}}$ tiefer; also ergab sich eine Senkung der Büchsen um $0,5$ Quecksilbermillimeter = $0,006$ Höhenmillimeter. Aehnliche Ergebnisse zeigten sich bei andern Instrumenten. So brachte ich das zweite angefertigte Instrument den 15. März ebenfalls in die Wärme bis zu 50° . Kurz vorher stand das Fortin auf $729,50^{\text{mm}}$, das Aneroid auf $609,30$ bei $13,0^{\circ}$. Nach seiner Wiederabkühlung zeigte den 16. März um 7 Uhr Morgens Fortin $729,71$ und das Aneroid bei $13,0^{\circ}$ jetzt $609,90$. Ein Aneroidtheil war nahe ein Millimeter, also betrug die Senkung $0,4^{\text{mm}}$ Quecksilber = $0,01^{\text{mm}}$ wirklicher Werth u. s. f.

Bei jeder folgenden Erwärmung wird aber der Unterschied geringer und verschwindet zuletzt, und alsdann können die definitiven Bestimmungen vorgenommen werden.

Ich erhielt schliesslich folgende Versuchsreihen:

b_0 soll den auf 0° reducirten Stand des Fortin bedeuten, auf welchen alle Beobachtungen einer Reihe bezogen sind, t die Temperatur des Aneroid, β den Werth eines Aneroidtheiles in Millimetern, σ den hier auf das abgeänderte Instrument reducirten Stand des Aneroid und Σ den auf 0° reducirten Stand.

Der Gesammtheit der Beobachtungen entspricht eine Parabel, deren Scheitel bei $+4^\circ$ liegt und von dem der Brennpunkt um 0,90 Scalentheile absteht, wenn 0,1 Scalenthil und 1° denselben Coordinatenwerth haben und demnach die Correction:

$$16) \quad \Delta a = -\frac{(t-4)^2}{360} + 0,044$$

oder

$$16a) \quad \Delta p = -\frac{(t-4)^2}{180} + 0,088 \text{ Millimeter.}$$

I. Versuchsreihe den 22.—24. März 1874.

$$b = 727,00$$

$$\beta = 2,02^{\text{mm}}$$

$$\mu = 0,50$$

t	σ	Σ	t	σ	Σ
17,0	294,64	295,09	28,6	293,54	295,18
18,0	294,56	295,08	30,5	293,30	295,22
19,8	294,41	295,06	32,5	293,00	295,22
20,8	294,35	295,09	33,6	292,85	295,24
23,0	294,19	295,16	34,0	292,82	295,28
24,2	294,06	295,16	35,5	292,45	295,17
24,4	293,96	295,08	37,5	292,05	295,13
24,6	294,06	295,21	38,5	291,89	295,16
25,2	293,88	295,09	41,0	291,39	295,15
26,0	293,88	295,21	41,7	291,29	295,20
26,3	293,79	295,10	42,0	291,11	295,08
27,5	293,59	295,07			

II. Versuchsreihe den 25. März 1874.

$$b = 727,00$$

$$\beta = 2,02^{\text{mm}}$$

$$\mu = 0,50$$

t	σ	Σ	t	σ	Σ
14,5	294,81	295,09	28,0	293,65	295,20
19,0	294,74	295,33	29,2	293,52	295,25
19,8	294,57	295,22	29,3	293,36	295,10
22,7	294,37	295,31	30,0	293,35	295,20
24,7	294,06	295,22	32,8	293,05	295,32
25,4	293,93	295,16	35,5	292,58	295,30
26,0	293,85	295,15	38,0	292,05	295,22
26,5	293,79	295,15	41,7	291,29	295,25

III. Versuchsreihe den 27. bis 29. April 1874.

$$b_0 = 727,00 \quad \beta = 2,02^{\text{mm}} \quad \mu = 0,50$$

t	σ	Σ	t	σ	Σ
3,3	295,12	295,08	13,5	295,02	295,24
5,2	295,23	295,19	15,1	294,89	295,21
6,0	295,19	295,16	16,4	294,74	295,15
7,5	295,14	295,13	17,2	294,71	295,17
8,2	295,14	295,14	18,0	294,67	295,19
11,3	295,11	295,21	18,7	294,67	295,24
12,3	295,03	295,18	21,0	294,49	295,25
12,8	294,94	295,12	22,8	294,30	295,25

IV. Versuchsreihe den 30. April 1874.

$$b_0 = 727,00 \quad \beta = 2,02^{\text{mm}} \quad \mu = 0,50$$

t	σ	Σ	t	σ	Σ
2,3	295,15	295,12	13,0	294,95	295,14
5,1	295,21	295,17	14,4	294,87	295,14
7,0	295,18	295,16	15,0	294,91	295,22
9,0	295,14	295,16	16,6	294,83	295,25

Die Uebereinstimmung ist bei den verschiedensten Temperaturen so gut als man sie verlangen kann. Wir erhalten demnach folgende Reductionstabelle in Millimetern Quecksilber und Aneroidtheilen von 0° bis 40° , letztere bei 725^{mm} Luftdruck:

t	$-\Delta p$	$-\Delta a$	t	$-\Delta p$	$-\Delta a$	t	$-\Delta p$	$-\Delta a$
0°	0,00	0,00	8°	+0,00	+0,00	16°	+0,76	+0,38
1	-0,04	-0,02	9	+0,04	+0,02	17	+0,90	+0,45
2	-0,06	-0,03	10	+0,10	+0,05	18	+1,04	+0,52
3	-0,08	-0,04	11	+0,18	+0,09	19	+1,18	+0,59
4	-0,10	-0,05	12	+0,28	+0,14	20	+1,34	+0,67
5	-0,08	-0,04	13	+0,38	+0,19	21	+1,52	+0,76
6	-0,06	-0,03	14	+0,50	+0,25	22	+1,72	+0,86
7	-0,04	-0,02	15	+0,62	+0,31	23	+1,94	+0,97

t	$-\Delta p$	$-\Delta a$	t	$-\Delta p$	$-\Delta a$	t	$-\Delta p$	$-\Delta a$
24°	+2,16	+1,08	30°	+3,70	+1,85	36°	+5,60	+2,80
25	+2,38	+1,19	31	+4,00	+2,00	37	+5,96	+2,98
26	+2,60	+1,30	32	+4,30	+2,15	38	+6,34	+3,17
27	+2,84	+1,42	33	4,60	+2,30	39	+6,72	+3,36
28	+3,10	+1,55	34	+4,92	+2,46	40	+7,12	+3,56
29	+3,40	+1,70	35	+5,26	+2,63	41	+7,52	+3,76

Um nun den zweiten Theil des Temperaturcorrections-gesetzes zu prüfen, machte ich den 11. April 1874 auf dem St. Gotthard ebenfalls Beobachtungen bei verschiedenen Temperaturen mit demselben Instrumente. Natürlich blieb mir dort nichts anderes übrig, als den Ofen für höhere Temperaturen zu benützen, und konnten so Ungleichheiten in der Temperaturvertheilung im Instrumente nicht vermieden werden. Desshalb können diese Beobachtungen nicht die Genauigkeit der zu Hause gemachten beanspruchen, sie genügen aber vollständig um das ausgesprochene Gesetz zu verificiren. In der folgenden Tabelle ist t die Temperatur des Aneroid, σ der Stand des Aneroid, $\Delta a = \mu \Delta p$ der aus den Zürcher Beobachtungen abgeleitete Werth der Correction und Σ der auf 0° reducirte Stand

Gotthard den 11. April 1874.

$b_0 = 578,8^{\text{mm}}$ $\mu = 0,70$ Antheile :

t	4,0	7,3	9,5	11,2	12,5	15,2	17,5	19,4	25,0
σ	207,65	207,57	207,57	207,48	207,39	207,15	207,03	206,86	205,94
Δa	-0,07	-0,02	+0,05	+0,14	+0,24	+0,45	+0,68	+0,83	+1,67
Σ	207,58	207,55	207,62	207,62	207,63	207,60	207,71	207,69	207,61

Die Uebereinstimmung kann ebenfalls als ganz genügend angesehen werden. Bei diesem Instrumente ist die Veränderung des Scalenwerthes in Millimetern nur eine geringe, und daher die Correction in Aneroidtheilen

keinen starken Aenderungen unterworfen. Ich habe nun noch ein zweites Instrument in gleicher Weise untersucht, bei dem die Scalenänderung eine weit bedeutendere war, und nachfolgende Ergebnisse bekommen:

Der Scheitelpunkt der Parabel befindet sich bei $+43,4^\circ$ und der Brennpunkt in der Entfernung von 1,33 Aneroidtheilen, wenn 0,1 Aneroidtheil und 1° Celsius denselben Coordinatenwerth haben, und es ist für einen Barometerstand von $730,0^{\text{mm}}$

$$17) \quad -\Delta a = \frac{(43,4 - t)^2}{532} - 3,54$$

in Scalentheilen, oder in Millimetern Quecksilber, da

$$\beta = 1,17 \quad \mu = 0,855$$

$$17a) \quad -\Delta p = \frac{(43,4 - t)^2}{454,9} - 4,14$$

Hieraus bekommen wir nachstehende Tabelle der Temperaturcorrectionen, diejenige in Aneroidtheilen (Δa) gültig für $b_0 = 730,0^{\text{mm}}$:

t	$-\Delta p$	$-\Delta a$	t	$-\Delta p$	$-\Delta a$	t	$-\Delta p$	$-\Delta a$
0°	0,00	0,00	14°	-2,24	-1,92	28°	-3,62	-3,09
1	-0,19	-0,16	15	-2,37	-2,02	29	-3,68	-3,15
2	-0,37	-0,32	16	-2,49	-2,12	30	-3,74	-3,20
3	-0,55	-0,47	17	-2,60	-2,22	31	-3,80	-3,25
4	-0,73	-0,62	18	-2,71	-2,32	32	-3,86	-3,30
5	-0,90	-0,77	19	-2,83	-2,42	33	-3,91	-3,34
6	-1,06	-0,91	20	-2,94	-2,51	34	-3,96	-3,38
7	-1,23	-1,05	21	-3,04	-2,60	35	-4,00	-3,41
8	-1,38	-1,18	22	-3,14	-2,68	36	-4,03	-3,44
9	-1,53	-1,31	23	-3,23	-2,76	37	-4,06	-3,47
10	-1,68	-1,44	24	-3,31	-2,83	38	-4,09	-3,49
11	-1,82	-1,56	25	-3,39	-2,90	39	-4,11	-3,51
12	-1,96	-1,68	26	-3,47	-2,97	40	-4,12	-3,52
13	-2,10	-1,80	27	-3,55	-3,03	41	-4,13	-3,53

Mit Hülfe dieser Tabelle erhalten wir folgende Reductionen der verschiedenen Versuchsreihen :

Für alle ist

$$b = 730,0^{\text{mm}} \quad \mu = 0,855 \quad \beta = 1,17.$$

I. Versuchsreihe den 16. März 1874.

t	σ	Σ	t	σ	Σ	t	σ	Σ
2,0	610,63	610,30	18,2	612,57	610,23	34,0	613,60	610,22
4,3	610,81	610,15	20,3	612,66	610,12	35,5	613,60	610,18
7,5	611,22	610,11	22,2	612,89	610,19	37,0	613,68	610,21
11,9	611,65	609,98	24,2	613,01	610,17	38,2	613,65	610,16
12,9	611,82	610,03	27,2	613,26	610,22	40,1	613,53	610,01
14,4	612,00	610,04	30,2	613,44	610,23	41,9	613,49	609,95
15,6	612,12	610,04	32,4	613,53	610,20	45,6	613,43	609,91
17,4	612,38	610,14						

II. Versuchsreihe den 20. März 1874.

t	σ	Σ	t	σ	Σ	t	σ	Σ
3,0	610,61	610,14	11,3	611,64	610,04	15,0	612,09	610,07
5,3	611,05	610,24	11,7	611,65	610,01	16,1	612,26	610,13
6,0	611,07	610,16	12,8	611,80	610,02	17,5	612,27	610,00

III. Versuchsreihe den 28. und 29. März 1874.

t	σ	Σ	t	σ	Σ	t	σ	Σ
14,3	612,06	610,11	24,1	613,13	610,29	31,9	613,42	610,12
17,3	612,51	610,26	25,1	613,18	610,27	37,0	613,56	610,09
19,5	612,80	610,33	28,4	613,40	610,29	40,1	613,52	610,00
22,5	613,05	610,33	30,1	613,32	610,11			

IV. Versuchsreihe den 30. März 1874.

t	σ	Σ	t	σ	Σ	t	σ	Σ
13,0	611,84	610,04	28,7	613,23	610,10	34,6	613,55	610,15
15,4	612,06	610,00	30,5	613,32	610,10	37,0	613,66	610,19
18,7	612,44	610,05	31,0	613,35	610,10	37,2	613,73	610,26
22,7	612,76	610,02	33,0	613,50	610,16	41,1	613,65	610,12
26,7	613,01	610,00	34,0	613,55	610,17			

V. Versuchsreihe den 1. April 1874.

t	σ	Σ	t	σ	Σ	t	σ	Σ
16,7	612,37	610,18	24,8	613,11	610,22	35,7	613,58	610,15
15,0	612,20	610,18	26,8	613,25	610,23	37,2	613,60	610,13
16,8	612,35	610,15	29,6	613,45	610,27	38,6	613,58	610,08
19,0	612,70	610,28	31,4	613,49	610,22	40,2	613,60	610,08
21,3	612,82	610,20	33,3	613,46	610,11			

Natürlich sind nicht alle Beobachtungen bei 730^{mm} gemacht, sondern durch Addition eines constanten Betrages auf diesen Barometerstand reducirt worden.

Für dieses Instrument habe ich ebenfalls auf dem Gotthard Temperaturuntersuchungen ausgeführt. Es ist wie beim ersten die Beobachtung bei 578,0^{mm} Luftdruck gemacht worden, und für diesen Stand ist

$$\beta = 0,53 \quad \mu = 1,887$$

also

$$18) \quad \Delta a = 1,887 \cdot \Delta p.$$

Folgendes sind die Beobachtungen und Reductionen:

Gotthard den 11. April 1874.

t	5,2	7,0	9,0	12,3	13,5	16,2	21,7	23,0
σ	421,62	422,19	422,51	423,52	423,73	424,70	426,48	426,65
Δa	-1,73	-2,32	-2,87	-3,78	-4,10	-4,74	-5,86	-6,10
Σ	419,89	419,87	419,64	419,74	419,63	419,96	420,62	420,55

Das Mittel, der Werthe von Σ ist 419,99. Die grösste Abweichung von diesem Werthe hat 420,62 mit 0,63 Theilen = 0,33^{mm}. Die geringe Abweichung kann noch etwas vermindert werden, wenn k_1 nicht als constant angesehen wird. Wir können diesen Einfluss leicht bestimmen. Die Gleichung 17a kann geschrieben werden:

$$-\Delta p = -0,1908 t + 0,002198 t^2$$

somit sind für den Luftdruck, bei dem die Temperaturcorrectionen bestimmt wurden, die Werthe von m und n

$$m_0 = 0,1908 \quad n_0 = 0,002198$$

Nun ist

$$n = \frac{k_1}{2} = \frac{R}{2v} \quad m = k_0 - k_1 = k_0 - \frac{R}{v}$$

Wenn r der Radius der Büchse ist in Aneroidtheilen, d die mittlere Dicke des Hohlraumes in demselben Maasse, und z die Zahl der Büchsen, so wird für den bei der Temperaturcorrectionsbestimmung vorkommenden Luftdruck

$$v_0 = \pi r^2 d \cdot z$$

Wenn nun die Ablesung am Aneroid um α zunimmt, so nimmt das Volumen um

$$\frac{1}{3} \pi r^2 \alpha$$

ab, da der betreffende Theil der Volumverminderung als eine Summe von Kegeln mit dem Radius der Basis r angesehen werden kann, und daher

$$19) \quad v = v_0 - \frac{1}{3} \pi r^2 \alpha = v_0 \left(1 - \frac{\alpha}{3dz} \right)$$

Folglich wird sehr genähert

$$20) \quad \begin{cases} m = k_0 - 2n_0 \left(1 + \frac{\alpha}{3dz} \right) \\ n = n_0 \left(1 + \frac{\alpha}{3dz} \right) \end{cases}$$

Für die Goldschmid'schen Büchsen ist ziemlich regelmässig:

$$d = 5^{\text{mm}} = 200 \text{ Aneroidtheilen,}$$

da ein Schraubenumgang $0,25^{\text{mm}}$, und die Aneroeinheit der Zehntelumgang ist. Die Zahl der Büchsen ist 5,

somit wird für alle Aneroide der hier behandelten Construction:

$$21) \quad \begin{cases} m = k_0 - 2n_0 \left(1 + \frac{\alpha}{3000}\right) = m_0 - 2n_0 \frac{\alpha}{3000} \\ n = n_0 \left(1 + \frac{\alpha}{3000}\right) \end{cases}$$

Für das zuletzt besprochene Aneroid ist:

$$k_0 = m_0 + 2n_0 = 0,1952$$

Bei den Bestimmungen in Zürich war die Aneroidablesung 610, auf dem Gotthard 420, somit

$$\alpha = -190$$

demnach wird für den Gotthard:

$$m = 0,1911 \quad n = 0,002059$$

also

$$22) \quad \begin{cases} -\Delta p = t(-0,1911 + 0,002059 t) \\ -\Delta a = t(-0,1911 + 0,002059 t)\mu \\ \quad \quad \quad = t(-0,3606 + 0,003885 t) \end{cases}$$

und der Correctionsbetrag ist für $23,0^\circ$

$$\Delta a = -6,24$$

die Abweichung beträgt daher nur noch 0,49 Aneroidtheile = $0,25^{\text{mm}}$.

Man kann diesen Betrag sich aus der unvollkommenen Beobachtungsart auf dem Gotthard erklären, indem jedenfalls das Instrument am Boden stärker erwärmt wurde als in der Höhe des Thermometers. Dann zeigte das zuletzt besprochene Instrument einen Uebelstand, dem erst nachträglich abgeholfen werden konnte, und das deshalb in grossen Höhen nicht mehr ganz zuverlässig war. Die Oeffnung an der Deckplatte des Instrumentes, durch welche

der Stab mit der beweglichen Marke geht, war nicht gross genug oder der Stab nicht centriscb gelegen. Zudem war die Aufwärtsbewegung der Büchsen nicht absolut senkrecht. Letzteres hätte nun an sich bei geringem Betrage der Abweichung nichts zu sagen, aber in unserem Falle entstand dann eine starke Reibung zwischen der einen Wand der Oeffnung und dem Stabe, welche natürlich ganz genaue Beobachtungen unmöglich machte und zugleich der Spannkraft der innern Luft entgegen stand, und so ihre Wirkung geringer machte, wodurch die negative Correction zu gross ausfiel.

Um zu zeigen, dass die Temperaturcorrection wirklich einen Wendepunkt besitzt, gebe ich in nachfolgendem noch die Correctionsbestimmungen eines dritten Instrumentes, und zwar wie sie sich durch directe Beobachtung und durch Rechnung ergaben; dabei ist

$$\Delta p = \frac{(19 - t)^2}{250} - 1,44$$

angenommen, und bedeuten die Zeichen den Sinn der Correction.

t	Δp		t	Δp		t	Δp	
	beob.	berech.		beob.	berech.		beob.	berech.
0°	0,00	0,00	14°	-1,30	-1,34	28°	-1,18	-1,12
1	-0,18	-0,15	15	-1,30	-1,38	29	-1,12	-1,04
2	-0,33	-0,28	16	-1,31	-1,40	30	-1,04	-0,96
3	-0,48	-0,42	17	-1,31	-1,42	31	-0,95	-0,87
4	-0,63	-0,54	18	-1,32	-1,44	32	-0,85	-0,77
5	-0,75	-0,66	19	-1,32	-1,44	33	-0,75	-0,66
6	-0,85	-0,77	20	-1,32	-1,44	34	-0,63	-0,54
7	-0,95	-0,87	21	-1,31	-1,42	35	-0,48	-0,42
8	-1,04	-0,96	22	-1,31	-1,40	36	-0,33	-0,28
9	-1,12	-1,04	23	-1,30	-1,38	37	-0,18	-0,15
10	-1,18	-1,12	24	-1,30	-1,34	38	0,00	0,00
11	-1,23	-1,18	25	-1,28	-1,30	39	+0,30	+0,16
12	-1,26	-1,24	26	-1,26	-1,24	40	+0,59	+0,32
13	-1,28	-1,30	27	-1,23	-1,18			

Die Uebereinstimmung hält sich innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler, und ist somit ganz befriedigend.

b. Bestimmung des Scalenwerthes.

Der Scalenwerth der Aneroidbarometer wird am einfachsten ermittelt, indem man das Aneroid unter die Luftpumpe bringt, mit der durch einen Kautschukschlauch ein Gefässbarometer mit sehr weitem Gefässe in Verbindung steht. Der Recipient besitzt oben eine Stopfbüchse, durch die eine Gabel geht, mittelst welcher das Aneroid beliebig eingestellt werden kann. Ich habe nun, um allfällige Ungleichheiten der Mikrometerschraube mit zu erhalten, die Vergleichung beider Instrumente von Umgang zu Umgang der Schraube vorgenommen.

Zu dem Zwecke stellte mir Herr Goldschmid mit grosser Gefälligkeit seine hiezu eingerichtete Luftpumpe zur Verfügung. Da die verschiedenen Instrumente sich höchstens in der Grösse des Ganges unterscheiden und nicht wesentlich Verschiedenes bieten, so gebe ich nur die Vergleichung meines eigenen Instrumentes, mit dem ich auch Beobachtungen ausgeführt habe, wieder. Dabei bemerke ich nochmals, dass jedes Instrument eine bestimmte Grenze hat, bis zu welcher der Lufteruck nur abnehmen darf, wenn keine bleibende Veränderung vor sich gehen und der Gang bei abnehmendem und zunehmendem Luftdrucke derselbe sein soll.

Diese Grenze liegt von 500 bis 600^{mm}, und ist bei verschiedenen Instrumenten etwas verschieden. Bei meinem kann sie bei 540^{mm} angenommen werden. Um die Luft auch comprimiren und höhere Barometerstände als die am Beobachtungsorte vorkommenden hervorbringen zu können,

muss der Recipient auf den Teller festgeschraubt, und das Ganze wohl verpicht werden. Dann genügt es wohl, einen Luftdruck von 790^{mm} hervorzubringen. Das Instrument ist also ohne besondere Vorrichtung für ziemlich bedeutende Höhendifferenzen brauchbar und in Folge dessen jedenfalls, glaube ich, dem Naudet'schen bei mindestens gleicher Genauigkeit vorzuziehen. Für tiefere Stände als 500^{mm}, wo es sich um keine so grosse Genauigkeit mehr handelt, sowie für Touristen überhaupt glaube ich ein Goldschmid'sches Aneroid gewöhnlicher Construction angezeigt, um die neue Construction nur innerhalb der Grenzen eines Fortinbarometers für genaue Beobachtungen und Vergleichen zu benutzen. Ich gebè nun in nachfolgendem zuerst die Vergleichen von Aneroidbarometer und Quecksilberbarometer unter der Luftpumpe, wobei natürlich die Angaben des Gefässbarometers wegen der Niveauänderung des Quecksilbers im Gefässe corrigirt worden sind. Ich habe bei jeder Einstellung des Aneroids drei Vergleichen gemacht und sie zu einem Mittel vereinigt:

g soll die uncorrigirten Ablesungen am Gefässbarometer, t die zugehörige Temperatur, a die Ablesung am Aneroidbarometer und τ die zugehörige Temperatur, m die Ablesung der festen Marke bezeichnen. Die Einheit ist der Zehntelumfang der Schraube.

Den 30. November 1875.

Anfangs $m = 398,80$.

1. Aufwärtsgehend.				2. Rückwärtsgehend.			
a	τ	g	t	a	τ	g	t
300,00	13,2	740,98	13,6	200,00	13,2	571,77	15,2
290,00	13,1	720,87	13,6	210,00	13,4	586,93	15,3
280,00	13,0	701,93	13,8	220,00	13,5	600,90	15,4

a	τ	g	t	a	τ	g	t
270,00	13,0	683,42	13,8	230,00	13,7	616,43	15,4
260,00	13,0	665,50	14,2	240,00	14,0	632,20	15,5
250,00	13,0	648,30	14,2	250,00	14,4	649,07	15,6
240,00	13,0	631,40	14,2	260,00	14,4	666,23	15,7
230,00	13,0	615,73	14,2	270,00	14,6	684,08	15,9
220,00	13,0	600,23	14,5	280,00	15,0	702,80	16,0
210,00	13,0	585,48	14,6	290,00	15,0	721,83	16,0
200,00	13,2	571,53	15,0	300,00	15,0	741,73	16,0
180,00	13,2	544,95	15,0	310,00	15,0	762,40	16,0

3. Aufwärtsgehend.

a	τ	g	t
320,00	15,0	783,40	16,2
310,00	15,2	762,25	15,5
300,00	15,2	741,73	15,5
290,00	15,4	721,75	15,8
280,00	15,4	702,63	16,0

Am Schlusse $m = 398,90$ Der Thermometer am Aneroid
hat eine Correction von $-1,0^\circ$.

Die Correctionen des Gefässbarometers wegen der Niveauänderung sind folgende, diejenige bei 700^{mm} gleich Null gesetzt:

g mm	Δg mm	g mm	Δg mm	g mm	Δg mm
790	+0,58	700	0,00	610	-0,58
780	0,52	690	-0,06	600	-0,65
770	0,45	680	-0,13	590	-0,71
760	0,39	670	-0,19	580	-0,78
750	0,32	660	-0,26	570	-0,84
740	0,26	650	-0,32	560	-0,91
730	0,19	640	-0,39	550	-0,97
720	0,13	630	-0,45	540	-1,04
710	0,06	620	-0,52		

Der Stand der Marke während der Beobachtungen war

$$m = 398,85$$

Nehme ich 400,00 als die Normalablesung an, so

müssen die Ablesungen des Aneroid um 1,15 vermehrt werden.

Statt die letztern wegen der Temperatur zu corrigiren, können wir mit vollkommen genügender Genauigkeit die Quecksilberbarometerablesungen um Δp nach der frühern Tafel im umgekehrten Sinne corrigiren, d. h. bei meinem Instrumente subtrahiren. Ausserdem muss der Stand des Quecksilberbarometers, welches eine Messingscale besitzt, auf 0° reducirt werden. Werden die Correctionen angebracht, so erhalten wir folgende Normalvergleichungen, wo a_0 den wegen der Marke corrigirten Aneroidstand, g_0 den wegen Niveauänderung, eigener Temperatur, und Temperatur des Aneroid corrigirten Stand des Gefässbarometers bedeutet. Es sind nun die Beobachtungen bei demselben Aneroidstande neben einander gestellt, unter »aufwärts« die bei abnehmendem Luftdrucke, unter »rückwärts« die bei zunehmendem Luftdrucke gemachten Beobachtungen.

Aufwärts Rückwärts			Aufwärts Rückwärts			Aufwärts Rückwärts		
a_0	g_0	g_0	a_0	g_0	g_0	a_0	g_0	g_0
301,15	739,33	739,58	241,15	629,23	629,80	321,15	—	781,39
291,15	719,14	719,63	231,15	613,49	614,05	311,15	760,21	760,33
281,15	700,09	700,48	221,15	597,89	598,44	301,15	739,61	
271,15	681,49	681,76	211,15	583,07	583,41	291,15	719,49	
261,15	663,47	663,90	201,15	569,00	569,32	281,15	700,27	
251,15	646,20	646,70	181,15	542,32	—			

Nehme ich nun die Mittelwerthe, indem ich bei der obersten Beobachtung von 181,15 beim Barometerstande als Interpolation $0,15^{\text{mm}}$ addire, bei der untersten von 321,15 dagegen $0,06$ subtrahire, und bei allen Ablesungen des

Gefässbarometers die constante Correction von $+ 0,35^{\text{mm}}$ gegen das Normalbarometer in Bern anbringe, so erhalte ich folgende Vergleichstabelle:

α_0	g_0	Δg	α_0	g_0	Δg	α_0	g_0	Δg
321,15	781,68	21,06	271,15	681,97	17,94	221,15	598,51	14,92
311,15	760,62	20,76	261,15	664,03	17,23	211,15	583,59	14,08
301,15	739,86	20,09	251,15	646,80	16,94	201,15	569,51	13,67
291,15	719,77	19,14	241,15	629,86	15,74	191,15	555,84*	13,02
281,15	700,63	18,66	231,15	614,12	15,39	181,15	542,82	

Der mit * bezeichnete Werth bei 191,15, als nicht beobachtet, ist nach dem Gang der ersten und zweiten Differenzen interpolirt. Δg bezeichnet die Differenz zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Werthen von g_0 . Die Aenderung von Δg ist nicht ganz regelmässig, bald schneller, bald langsamer, und es rührt diess wahrscheinlich von Ungleichheiten der Schraubengänge her. Bezeichnen wir mit $\Delta^2 g$ die Differenzen von Δg , so ist der Mittelwerth von

$$\Delta^2 g = 0,63^{\text{mm}} \text{ für } 10 \text{ Einheiten.}$$

Um daher die Beobachtungen auf die Zehner zu reduciren, haben wir von obigen Angaben zu subtrahiren

$$0,115 \cdot (\Delta g + 0,27)$$

Um dann von diesen Zehnern auf die in den nächst tiefer liegenden Fünfer zu gelangen, ist wieder zu subtrahiren:

$$0,5 (\Delta g + 0,16)$$

und so ergibt sich folgende Normalvergleichstabelle bei 0° Temperatur, die zur Reduction der Aneroidablesungen dienen soll.

Normaltabelle I.

a_0	g_0	a_0	g_0	a_0	g_0
325,00	790,00	275,00	689,09	225,00	604,46
320,00	779,24	270,00	679,87	220,00	596,76
315,00	768,64	265,00	670,87	215,00	589,27
310,00	758,20	260,00	662,02	210,00	581,94
305,00	747,78	255,00	653,34	205,00	574,84
300,00	737,51	250,00	644,82	200,00	567,91
295,00	727,45	245,00	636,34	195,00	561,03
290,00	717,54	240,00	628,02	190,00	554,31
285,00	707,92	235,00	620,09	185,00	547,75
280,00	698,46	230,00	612,32	180,00	541,34

Die vorkommenden Unregelmässigkeiten der Veränderung kann man sich nun entweder als Ungleichheiten der Schraubengänge, oder als Beobachtungsfehler denken. Im erstern Falle müsste Tabelle I direct als Reductionstabelle benutzt werden; im zweiten Falle müssten in der Gleichung 13 mittelst der Methode der kleinsten Quadrate die Constanten x , y , z , und t berechnet und hier auf eine ausgeglichene Tabelle angelegt werden.

Nehmen wir zur Bestimmung von x , y , z und t , die gleichsam die ursprünglichen Beobachtungen vertretenden Vergleichenungen bei 320, 310, 300, 290, 280, 270, 260, 250, 240, 230, 220, 210, 200, 190 und 180, so gibt die Methode der kleinsten Quadrate folgende Werthe:

$$\begin{aligned}
 x &= 409,662 & \log y &= \bar{1},3531735 \\
 \log z &= \bar{3},4310912 & \log t &= \bar{7},80888188
 \end{aligned}$$

Mittelst der bestimmten Werthe von x , y , z und t kann nun nach Gleichung 13 eine zweite ausgeglichene Normaltabelle berechnet werden.

Normaltabelle II.

α_0	g_0	α_0	g_0	α_0	g_0
325,00	790,07	275,00	689,13	225,00	604,34
320,00	779,23	270,00	679,93	220,00	596,73
315,00	768,56	265,00	670,89	215,00	589,28
310,00	758,06	260,00	662,02	210,00	581,98
305,00	747,72	255,00	653,30	205,00	574,84
300,00	737,55	250,00	644,75	200,00	567,85
295,00	727,54	245,00	636,35	195,00	561,01
290,00	717,69	240,00	628,11	190,00	554,34
285,00	708,01	235,00	620,03	185,00	547,81
280,00	698,49	230,00	612,10	180,00	541,43

Die beiden Tabellen I und II stimmen so gut überein, als es zu wünschen ist, indem die grösste Abweichung $0,22^{\text{mm}}$ bei $\alpha_0 = 230$ vorkommt, so dass es ziemlich gleichgültig ist, welche von beiden Tabellen man zur Reduction benutzt.

Vergleichsresultate zwischen Fortin und Aneroid.

Ich habe seit Ende Juli 1874 bis in den August 1875 genaue Vergleichen zwischen dem Fortinbarometer und dem Aneroidbarometer vorgenommen, um ihre Uebereinstimmung zu prüfen.

Die Vergleichen wurden zum Theil vorgenommen in meinem Zimmer, theils auf ein paar kleinern und grössern Exkursionen. Die Correction des Fortin auf das Berner Normalbarometer beträgt $+0,80^{\text{mm}}$. Bei den Beobachtungen habe ich auf die Capillarveränderung keine Rücksicht genommen, da dieselbe kaum grösser als die Beobachtungsfehler selbst ist.

Die Beobachtungen sind in der Weise ausgeführt, dass an jedem Instrumente das Mittel aus drei Ablesungen genommen wurde. Für das Aneroid habe ich

den Zehntelschraubengang als Einheit genommen und die Ablesung 400 als die normale der festen Marke. Wenn nun die wirkliche Ablesung geringer ist, so wird die Differenz zur eigentlichen Aneroidablesung addirt. Hierauf aus der Vergleichstabelle für die so erhaltene Zahl der entsprechende Luftdruck gesucht, und erst an diesem die Temperaturcorrection angebracht. Ich habe sämmtliche Angaben nach beiden Tabellen I und II reducirt. Als Beispiel möge folgendes dienen:

Den 17. August 1875 1 Uhr Mittags erhielt ich:

Fortin	Temp.	Aneroid	Temp.	Marke
731,20	27,7	291,92	29,5	398,10

Also

$$400 - 398,10 = 1,90$$

$$291,92 + 1,90 = 293,82$$

Nun ist:

Nach Normaltab. I Aner. 293,82 = Quecksilber 725,11^{mm}

Nach Normaltab. II Aner. 293,82 = Quecksilber 725,20^{mm}

Die Temperaturcorrection beträgt für 29,5°

$$\Delta p = + 3,54^{\text{mm}}$$

Also Luftdruck 728,65^{mm} nach I, und 728,74^{mm} nach II, Fortin bei 0° 727,94^{mm}, dazu die Correction auf den Normalbarometer in Bern + 0,80 gibt 728,74^{mm}.

Zur leichtern Reduction habe ich die beiden Normaltabellen in genügend grossem Maassstabe graphisch aufgetragen, indem ich die Zwischenräume von 5 zu 5 durch gerade Linien verband. Es kann allerdings zwischen der graphischen und rechnenden Interpolation vielleicht bis 0,02^{mm} Differenz geben, was jedenfalls von keinem Belange ist.

Bei der Reduction von Beobachtungen ist in verschiedenen Höhen und geographischen Breiten noch eine Correction wegen der Schwereänderung vorzunehmen. Das Aneroidbarometer misst nämlich als Federwaage den absoluten Luftdruck, wird also bei derselben Luftsäule bei geringerer Schwerkraft einen tiefern Luftdruck zeigen. Beim Quecksilberbarometer, wo sich zwei Gewichte, das Quecksilber und die Luftsäule, das Gleichgewicht halten, die von der Schwerkraft in gleicher Weise beeinflusst werden, wird bei gleicher Luftsäule in Folge der Veränderung der Schwerkraft keine Aenderung des Barometerstandes eintreten. Es muss sich daher zwischen Aneroidbarometer und Quecksilberbarometer eine der Aenderung der Schwere entsprechende Differenz zeigen. Diese Eigenschaft ist bekanntlich von Freiherrn von Wüllersdorf benutzt worden, um die Abplattung der Erde zu bestimmen. Wir erhalten die entstehende Differenz einfach in folgender Weise:

Die Normaltabelle sei angelegt bei der Schwere g_0 , so dass alsdann die Barometerstände a_0 des Aneroid und b_0 des Quecksilberbarometers übereinstimmen. a und b_0 seien die in Millimetern ausgedrückten Angaben der beiden Barometer bei der Schwere g . Dann offenbar gilt die Gleichung

$$23) \quad a_0 = a \cdot \frac{g_0}{g}$$

Also beträgt die Correction

$$24) \quad \Delta a = a_0 - a = a \frac{g_0 - g}{g}$$

Den Einfluss der geographischen Breite erhalten wir zunächst folgendermassen:

Es sei G die Schwere am Aequator, g_0 diejenige für die Breite φ_0 , bei der die Normaltabelle angelegt wurde, und g_1 diejenige für die Breite φ_1 , so ist, wenn β eine Constante bedeutet

$$g_0 = G + \beta \sin^2 \varphi_0$$

$$g_1 = G + \beta \sin^2 \varphi_1$$

Dann wird

$$g_0 - g_1 = \beta \sin(\varphi_0 + \varphi_1) \sin(\varphi_0 - \varphi_1)$$

und demnach mit genügender Näherung:

$$\frac{g_0 - g_1}{g_1} = \frac{\beta}{G} \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi_1) \sin(\varphi_0 - \varphi_1) = F \sin(\varphi_0 + \varphi_1) \sin(\varphi_0 - \varphi_1)$$

wo $F = 0,005118$ nach Pouillet

$$= 0,005133 \quad \text{» Airy.}$$

Ich nehme als genügend genau:

$$F = 0,00512 \quad \text{und} \quad \varphi_0 = 47^\circ 23'$$

Bezeichnen wir somit die Correction wegen der geographischen Breite mit Δa_1 , so ist

$$25) \quad \Delta a_1 = a F \sin(\varphi_0 + \varphi_1) \sin(\varphi_0 - \varphi_1)$$

Jetzt bleibt noch die Bestimmung des Einflusses der Meereshöhe.

Es sei h_0 die Meereshöhe des Ortes, an dem die Vergleichen für die Normaltabelle gemacht wurden, h diejenige an der man Beobachtungen gemacht hat, und ϱ der vom Mittelpunkte der Erde bis zum Meeresniveau gehende Radius Vector, der in seiner Verlängerung den Beobachtungsort trifft und von der Verticalen nicht bedeutend abweicht. g_1 sei die oben schon in Rechnung gebrachte Schwere in der Meereshöhe h_0 im Radius ϱ ,

g diejenige am Beobachtungsorte in der Höhe h . Dann haben wir:

$$\frac{g_1}{g} = \frac{(e+h)^2}{(e+h_0)^2}$$

also

$$\frac{g_1 - g}{g} = \frac{(e+h)^2 - (e+h_0)^2}{(e+h_0)^2} = 2 \frac{h-h_0}{e+h_0} + \frac{(h-h_0)^2}{(e+h_0)^2}$$

oder vollkommen genügend

$$\frac{g_1 - g}{g} = 2 \frac{h-h_0}{e+h_0}$$

Wenn daher Δa_2 die Höhengeneration bezeichnet, so ist:

$$26) \quad \Delta a_2 = 2a \frac{h-h_0}{e+h_0}$$

Dann ist

$$27) \quad a_0 = a + \Delta a_1 + \Delta a_2$$

die in Millimetern ausgedrückte Angabe des Quecksilberbarometers.

Da der Stand des Aneroid an jedem Orte nur von dem momentanen Betrag der Schwerkraft abhängen kann, so ist offenbar die Correction dieselbe, auf welchem Wege man auch nach dem Beobachtungsorte gelangt ist. Uebrigens entspricht die oben gewählte Annahme der vorausgehenden Breitenänderung mit nachfolgender Höhenänderung der Wirklichkeit am meisten, da eine Breitenänderung von 1° noch nicht $0,1^{\text{mm}}$ Correction bewirkt.

Um die Anbringung der Correction zu erleichtern, gebe ich in nachfolgenden Tabellen die Beträge Δa_1 für verschiedene Barometerstände und verschiedene geographische Breiten, ebenso von Δa_2 für verschiedene Höhen und die daselbst vorkommenden Barometerstände, Zürich

mit der geographischen Breite von $\varphi_0 = 47^\circ 23'$ und der Höhe $h_0 = 400^m$ als Ort der Normaltabelle annehmend. Wenn man irgend einen andern Ort als Ausgangspunkt benutzen will, so kann die Tafel dennoch mit wenig grösserer Mühe benutzt werden.

A. Tabelle der Δa_1 in Millimetern.

Geog. Breite φ	Barometerstand in Millimetern.								
	800	750	700	650	600	550	500	450	400
0°	2,22	2,08	1,94	1,80	1,66	1,52	1,39	1,25	1,11
5	2,19	2,05	1,91	1,78	1,64	1,50	1,37	1,23	1,09
10	2,09	1,96	1,83	1,70	1,57	1,44	1,31	1,18	1,05
15	1,94	1,82	1,70	1,58	1,46	1,34	1,21	1,09	0,97
20	1,74	1,63	1,52	1,41	1,30	1,20	1,09	0,98	0,87
25	1,49	1,39	1,30	1,21	1,11	1,02	0,93	0,84	0,74
30	1,19	1,12	1,04	0,97	0,90	0,82	0,75	0,67	0,60
35	0,87	0,82	0,76	0,71	0,65	0,60	0,54	0,49	0,44
40	0,53	0,49	0,46	0,43	0,39	0,36	0,33	0,30	0,26
45	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
50	-0,18	-0,17	-0,16	-0,15	-0,14	-0,13	-0,12	-0,10	-0,09
55	-0,53	-0,50	-0,46	-0,43	-0,40	-0,36	-0,33	-0,30	-0,27
60	-0,85	-0,80	-0,75	-0,69	-0,64	-0,59	-0,53	-0,48	-0,43
65	-1,15	-1,07	-1,00	-0,93	-0,86	-0,79	-0,72	-0,64	-0,57
70	-1,40	-1,31	-1,22	-1,14	-1,05	-0,96	-0,87	-0,79	-0,70
75	-1,60	-1,50	-1,40	-1,30	-1,20	-1,10	-1,00	-0,90	-0,80
80	-1,75	-1,64	-1,54	-1,43	-1,32	-1,21	-1,10	-0,99	-0,88
85	-1,85	-1,73	-1,62	-1,50	-1,39	-1,27	-1,15	-1,04	-0,92
90	-1,88	-1,76	-1,64	-1,53	-1,41	-1,29	-1,17	-1,06	-0,94

Für die Berechnung der Tabelle Δa_2 müsste das jedesmalige ϱ der geographischen Breite des Beobachtungsortes genommen werden, doch kann man sich mit vollkommen genügender Annäherung mit einem mittlern Werthe von ϱ begnügen. Denn für $h - h_0 = 3000$ Meter wird für die extremen Werthe von ϱ , nämlich gleich der halben grossen und kleinen Axe der Meridianellipse, im ersten

Falle $\Delta a_0 = 0,517^{\text{mm}}$,
im zweiten $0,517^{\text{mm}}$. Ich
setze daher den Mittel-
werth

$$e = 6366197 \text{ Meter}$$

$$e + h_0 = 6366600 \text{ Met.}$$

und erhalte dann fol-
gende Tabelle der Δa_2
für verschiedene Meeres-
höhen.

Die unterstrichenen
Zahlen sind diejenigen,
innerhalb welchen die
Correctionen für die be-
treffenden Höhen zu su-
chen sind. Ich habe die
Tabelle für alle Baro-
meterstände bei allen
Höhen ausgeführt, damit
leicht die Reduction vor-
genommen werden kann,
wenn die Normaltabelle
in einer andern Meeres-
höhe angefertigt würde,
und also mittelst der
Luftpumpe künstlich die
verschiedenen Barome-
terstände hervorgebracht
würden. Die unterstri-
chenen Zahlen derselben
Höhe weichen so wenig
von einander ab, dass

B. Tabelle der Δa_2 in Millimetern.

Höhe	Barometerstand in Millimetern.																
Meter	800	775	750	725	700	675	650	625	600	575	550	525	500	475	450	425	400
0	<u>-0,10</u>	<u>-0,10</u>	<u>-0,09</u>	<u>-0,09</u>	<u>-0,09</u>	<u>-0,08</u>	<u>-0,08</u>	<u>-0,08</u>	<u>-0,07</u>	<u>-0,07</u>	<u>-0,07</u>	<u>-0,06</u>	<u>-0,06</u>	<u>-0,06</u>	<u>-0,05</u>	<u>-0,05</u>	<u>-0,05</u>
500	0,03	0,02	<u>0,02</u>	<u>0,02</u>	<u>0,02</u>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
1000	0,15	0,15	0,14	0,14	<u>0,13</u>	<u>0,13</u>	<u>0,12</u>	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
1500	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	<u>0,22</u>	<u>0,22</u>	<u>0,21</u>	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14
2000	0,40	0,39	0,38	0,36	0,35	0,34	0,33	<u>0,31</u>	<u>0,30</u>	<u>0,29</u>	0,28	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20
2500	0,53	0,51	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41	0,39	<u>0,38</u>	<u>0,36</u>	<u>0,35</u>	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26
3000	0,65	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53	0,51	0,49	0,47	<u>0,45</u>	<u>0,43</u>	<u>0,41</u>	0,39	0,37	0,35	0,33
3500	0,78	0,75	0,73	0,71	0,68	0,66	0,63	0,61	0,58	0,56	0,54	0,51	<u>0,49</u>	<u>0,46</u>	0,44	0,41	0,39
4000	0,90	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,65	0,62	0,59	<u>0,57</u>	<u>0,54</u>	<u>0,51</u>	<u>0,48</u>	0,45

man für jede Höhe eine mittlere Correction anwenden kann. Die Δa_2 für die verschiedenen Höhen sind also:

Höhe	0 ^m	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Δa_2	-0,09	0,02	0,13	0,22	0,30	0,36	0,43	0,49	0,53

Endlich hat man nicht immer genaue Höhenangaben zur Hand. Dann kann man die Correction als einfache Function des Barometerstandes ansehen, wodurch man jedenfalls 0,1^{mm} noch sicher hat. Wir bekommen dann folgende Tabelle:

Barometer:	800 ^{mm}	750	700	650	600	550	500	450
$\Delta a_2 =$	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5

Nach diesen Vorbereitungen kann ich nun unmittelbar zur Reduction der Vergleichen übergehen, und zwar nehme ich nacheinander zuerst die zu Hause gemachten vor und hierauf die auf Excursionen erhaltenen Resultate. Die verschiedenen Rubriken haben folgende Bedeutung: Zuerst kommt die Angabe der Zeit nach Jahr, Monat, Tag und Stunde; f die Ablesung des Fortinbarometers, t seine Temperatur; a die Ablesung des Aneroid, τ seine Temperatur, m seine Markenablesung; b die auf Null und den Normalbarometer von Bern reducirte Fortinablesung; b_1 die mittelst Normaltabelle I, b_2 die mittelst Normaltabelle II aus den Aneroidablesungen nach dem angeführten Muster erhaltenen auf 0° reducirten Barometerstände ohne Schwerecorrection; $\Delta_1 = b - b_1$, $\Delta_2 = b - b_2$ sind die Differenzen. Für die zu Hause gemachten Vergleichen ist keine Schwerecorrection nöthig, und bei den Excursionsbeobachtungen lasse ich dieselbe anfänglich ebenfalls weg, um ihre Existenz deutlich hervortreten zu lassen.

424 Weilenmann, Ueber ein abgeändertes Aneroidbarometer.

Datum	Uhr	<i>f</i>	<i>t</i>	<i>a</i>	τ	<i>m</i>	<i>b</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	Δ_1	Δ_2	
1874												
Juli	17	1½	727,28	25,2	291,98	25,0	399,40	725,13	725,04	725,14	+0,09	-0,01
Aug.	26	4¾	723,60	17,8	291,53	17,0	399,64	722,32	722,16	722,28	+0,16	+0,04
"	27	2	722,80	19,5	291,00	16,7	399,63	721,32	721,09	721,21	+0,23	+0,11
"	28	11 V	723,22	19,6	291,10	19,4	399,62	721,73	721,70	721,83	+0,03	-0,10
Nov.	16	2	713,90	11,0	286,62	11,0	398,80	713,44	713,53	713,65	-0,09	-0,21
"	17	1	712,40	10,8	285,92	11,0	398,80	711,96	712,16	712,26	-0,20	-0,30
"	18	2½	721,50	11,8	290,42	11,8	398,80	720,93	720,98	721,11	-0,05	-0,18
"	19	1	717,85	13,8	288,30	13,7	398,80	717,05	717,06	717,20	-0,01	-0,14
"	20	3	716,35	14,0	287,62	14,0	398,90	715,51	715,60	715,73	-0,09	-0,22
"	21	10 V	722,35	13,8	290,62	14,0	398,85	721,55	721,54	721,66	+0,01	-0,11
"	22	1½	722,80	13,5	290,93	13,0	398,85	722,02	722,03	722,15	-0,01	-0,13
"	23	1	722,63	12,0	290,95	12,0	398,87	722,03	721,93	722,05	+0,10	-0,02
"	24	1	725,21	12,8	292,22	11,8	398,88	724,50	724,43	724,53	+0,07	-0,03
"	25	2	722,71	11,0	291,17	10,7	398,84	722,23	722,30	722,42	-0,07	-0,19
"	26	2	719,76	11,7	289,58	11,4	398,90	719,20	719,10	719,23	+0,10	-0,03
"	27	1	717,74	9,5	288,76	9,3	398,88	717,44	717,38	717,52	+0,06	-0,08
"	29	1	711,35	11,3	285,40	11,0	398,89	710,85	711,00	711,10	-0,15	-0,25
Dec.	1	1	710,68	12,3	284,88	12,0	398,90	710,06	710,08	710,18	-0,02	-0,12
"	2	1	716,20	13,7	287,40	14,2	398,82	715,42	715,35	715,48	+0,07	-0,06
"	3	1	721,78	9,0	290,60	10,0	398,82	721,53	721,15	721,27	+0,38	+0,26
"	4	1	722,49	13,0	290,63	12,8	398,83	721,77	721,44	721,56	+0,33	+0,21
"	5	1	722,45	12,8	290,64	13,9	398,83	721,76	721,58	721,70	+0,18	+0,06
"	6	1	724,57	16,7	291,29	16,8	398,83	723,42	722,28	722,39	+0,14	+0,03
"	7	2	726,38	18,0	291,97	17,8	398,83	725,07	724,78	724,89	+0,29	+0,18
"	8	1	726,31	15,7	292,31	15,4	398,83	725,27	725,13	725,23	+0,14	+0,04
"	9	1	707,95	15,3	283,01	15,4	398,83	707,00	707,05	707,14	-0,05	-0,14
"	10	1	715,30	15,2	286,80	15,0	398,83	714,35	714,27	714,39	+0,07	-0,04
"	11	1	708,10	13,6	283,23	13,2	398,83	707,34	707,19	707,28	+0,15	+0,06
"	12	1	702,03	13,8	279,98	13,8	398,85	701,27	701,07	701,12	+0,20	+0,15
"	13	1	705,40	13,7	281,80	14,0	398,85	704,64	704,53	704,59	+0,11	+0,05
"	14	1	711,40	13,9	284,91	14,0	398,85	710,61	710,45	710,55	+0,16	+0,06
"	15	1	717,12	14,6	287,79	14,0	398,85	716,22	716,02	716,16	+0,20	+0,06
"	16	1	710,70	14,0	284,52	14,3	398,87	709,89	709,71	709,81	+0,18	+0,08
"	17	1	715,38	14,2	286,90	14,2	398,85	714,54	714,33	714,45	+0,21	+0,09
"	18	1	722,15	12,0	290,60	12,0	398,85	721,55	721,27	721,38	+0,28	+0,17
"	19	1	718,54	13,5	288,63	13,5	398,85	717,77	717,60	717,74	+0,17	+0,03
"	20	1	709,75	12,5	284,25	12,4	398,85	709,12	709,02	709,12	+0,10	+0,00
"	21	1	707,21	13,2	282,80	13,0	398,87	706,50	706,27	706,36	+0,23	+0,14
"	22	1	715,40	12,9	287,06	13,0	398,87	714,71	714,46	714,58	+0,25	+0,13
"	23	1	720,15	11,6	289,38	15,4	398,83	719,60	719,27	719,40	+0,33	+0,20
"	24	1	721,10	12,7	289,92	12,6	398,83	720,42	720,02	720,14	+0,40	+0,28
"	26	2	720,00	14,2	289,29	14,2	398,85	719,15	718,92	719,05	+0,23	+0,10
"	27	1	723,62	14,2	291,09	14,0	398,85	722,76	722,47	722,59	+0,29	+0,17
"	28	1	726,87	12,8	292,98	12,8	398,85	726,17	726,08	726,18	+0,09	-0,01

Weilenmann, Ueber ein abgeändertes Aneroidbarometer. 425

Datum	Uhr	f	t	a	τ	m	b	b_1	b_2	Δ_1	Δ_2
1874											
Dec. 29	1	724,95	12,2	292,00	12,2	398,84	724,32	724,10	724,20	+0,22	+0,12
" 30	1	724,00	11,0	291,69	11,0	398,82	723,51	723,41	723,52	+0,10	-0,01
" 31	1	725,37	10,5	292,42	10,8	398,82	724,94	724,83	724,93	+0,11	+0,01
1875											
Jan. 1	1	728,82	11,8	294,00	12,0	398,82	728,24	728,11	728,20	+0,13	+0,04
" 2	1	726,49	10,2	293,02	10,2	398,82	726,09	725,99	726,09	+0,10	0,00
" 3	1	729,05	12,0	294,21	11,9	398,82	728,44	728,50	728,59	-0,06	-0,15
" 4	1	726,30	13,7	292,59	13,7	398,82	725,49	725,47	725,58	+0,02	-0,09
" 5	1	725,58	14,7	292,09	15,0	398,82	724,66	724,63	724,73	+0,03	-0,07
" 6	1	725,30	13,8	292,06	13,7	398,82	724,48	724,42	724,53	+0,06	-0,05
" 7	1	726,42	12,0	292,31	12,0	398,82	725,81	725,74	725,84	+0,07	-0,03
" 8	1	729,80	12,2	224,49	12,2	398,82	729,16	729,10	729,19	+0,06	-0,03
" 9	1	727,70	12,9	293,40	13,0	398,82	726,99	727,01	727,09	-0,02	-0,10
" 10	1	725,24	12,9	292,12	12,9	398,82	724,53	724,46	724,56	+0,07	-0,03
" 11	1	726,79	12,7	293,08	12,6	398,82	726,10	726,30	726,39	-0,20	-0,29
" 12	1	727,46	13,0	293,23	13,0	398,82	726,76	726,65	726,74	+0,11	-0,02
" 14	1	730,88	13,5	294,91	13,7	398,82	730,09	730,09	730,17	0,00	-0,08
" 15	1	729,05	13,7	294,00	13,6	398,82	728,23	728,29	728,38	-0,06	-0,15
" 16	1	722,53	12,6	290,78	12,4	398,82	721,86	721,72	721,84	+0,14	+0,02
" 17	1	719,10	14,2	288,88	15,0	398,82	718,25	718,24	718,37	+0,01	-0,12
" 18	1	725,00	14,7	291,86	14,7	398,82	724,08	724,14	724,24	+0,06	+0,16
" 19	1	731,40	16,7	294,67	18,2	398,83	730,23	730,19	730,26	+0,04	-0,03
" 20	1	726,44	16,0	292,20	18,0	398,82	725,37	725,28	725,38	+0,09	-0,01
" 21	1	719,53	17,2	288,67	18,0	398,84	718,31	718,27	718,39	+0,04	-0,08
" 22	1	719,70	18,0	288,62	19,0	398,82	718,41	718,35	718,47	+0,06	-0,06
" 23	1	725,50	14,7	291,97	15,5	398,82	724,58	724,46	724,56	+0,12	+0,02
" 24	1	719,00	14,2	288,82	14,0	398,82	718,15	718,04	718,17	+0,11	-0,02
" 25	1	716,82	14,6	287,70	14,8	398,82	715,93	716,02	716,15	-0,09	-0,22
" 26	1	725,42	15,8	291,88	16,0	398,82	724,37	724,24	724,34	+0,13	+0,03
" 27	1	733,12	14,5	295,80	16,4	398,82	732,21	732,24	732,30	-0,03	+0,09
" 28	1	734,68	13,9	296,83	14,3	398,82	733,83	734,02	734,06	-0,19	-0,23
" 29	1	734,56	13,7	296,80	13,5	398,83	733,73	733,86	733,91	-0,13	-0,18
" 30	1	726,95	13,2	293,00	14,0	398,83	726,20	726,20	726,29	0,00	-0,09
" 31	1	735,12	14,8	296,78	16,0	398,82	734,17	734,07	734,11	+0,10	+0,06
Febr. 1	1	733,65	14,6	296,05	16,2	398,82	732,73	731,68	731,74	+0,05	-0,01
" 2	1	730,45	14,9	294,60	14,8	398,82	729,49	729,62	729,70	-0,13	-0,21
" 3	1	721,34	13,8	290,08	14,0	398,82	720,53	720,52	720,64	+0,01	-0,11
" 4	1	720,38	16,0	289,29	16,0	398,82	719,32	719,22	719,35	+0,10	-0,03
" 5	1	726,40	14,8	292,53	14,8	398,82	725,47	725,48	725,58	-0,01	-0,11
" 6	1	727,35	12,2	293,26	12,0	398,82	726,73	728,61	728,70	+0,12	+0,03
" 7	1	724,73	13,5	291,80	13,3	398,82	723,95	723,88	723,98	+0,07	-0,03
" 8	1	723,40	13,5	291,08	14,0	398,82	722,63	722,50	722,62	+0,13	+0,01
" 9	1	721,56	12,0	290,38	12,0	398,86	720,96	720,81	720,93	+0,15	+0,03
" 10	1	721,32	11,8	290,21	12,0	398,83	720,75	720,56	720,68	+0,19	+0,07

426 Weilenmann, Ueber ein abgeändertes Aneroidbarometer.

Datum	Uhr	<i>f</i>	<i>t</i>	<i>a</i>	τ	<i>m</i>	<i>b</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	Δ_1	Δ_2	
1875												
Feb.	11	1	726,26	13,2	292,58	14,0	398,82	725,51	725,50	725,60	+0,01	-0,09
"	12	1	726,55	12,6	292,79	13,0	398,82	725,87	725,79	725,89	+0,08	-0,02
"	13	1	724,19	11,1	291,91	10,7	398,82	723,69	723,82	723,92	-0,13	-0,23
"	24	1	711,91	13,6	285,30	13,6	398,82	711,15	711,23	711,33	-0,08	-0,18
"	25	1	713,77	15,5	286,03	16,0	398,86	712,78	712,86	712,96	-0,08	-0,18
"	26	1	713,90	15,2	286,03	16,2	398,93	712,95	712,74	712,84	+0,21	+0,11
"	27	1	710,52	14,3	284,50	14,8	398,87	709,68	709,71	709,80	-0,03	-0,12
"	28	8 V	714,63	13,2	286,78	13,2	398,87	713,91	713,93	714,05	-0,02	-0,14
Apr.	16	1	728,42	14,0	293,72	13,0	398,80	727,58	727,65	727,74	-0,07	-0,16
"	17	1	726,42	15,4	292,47	16,0	398,94	725,42	725,27	725,37	+0,15	+0,05
"	20	1	727,85	19,8	292,45	21,0	398,92	726,33	726,03	726,12	+0,30	+0,21
"	21	1	722,95	21,2	289,72	22,8	398,97	721,28	720,92	721,04	+0,36	+0,24
"	22	1	717,47	20,7	287,12	21,7	398,95	715,87	715,71	715,84	+0,16	+0,03
"	23	1	720,95	16,2	289,63	16,0	398,95	719,87	719,66	719,79	+0,21	+0,08
"	26	1	725,62	15,9	291,93	17,0	398,93	724,56	724,38	724,48	+0,18	+0,08
"	27	1	725,65	17,8	291,61	19,0	398,93	724,37	724,05	724,15	+0,32	+0,22
"	29	1	727,20	18,3	292,43	19,0	398,93	725,86	725,65	725,75	+0,21	+0,11
"	30	1	724,96	20,8	290,89	21,3	398,94	723,33	722,96	723,07	+0,37	+0,26
Mai	1	1	722,57	21,2	289,71	22,0	398,95	720,90	720,75	720,87	+0,15	+0,03
"	4	1	725,90	17,4	292,02	18,0	398,95	724,67	724,67	724,77	-0,00	-0,10
"	6	1	723,80	16,8	291,00	17,5	398,92	722,63	722,64	722,75	-0,01	-0,12
"	9	3	724,02	22,1	290,30	22,0	398,96	722,24	721,90	722,01	+0,34	+0,23
"	11	1	733,50	19,6	295,48	20,3	398,88	731,98	732,05	732,11	-0,07	-0,13
"	14	1	728,75	21,3	292,79	21,3	398,85	727,05	726,93	727,02	+0,12	+0,03
"	15	1	727,80	22,0	292,25	22,0	398,90	726,02	725,90	725,99	+0,12	+0,03
"	17	2	722,40	22,8	289,07	23,8	398,76	720,54	720,26	720,38	+0,28	+0,16
"	19	1	721,20	18,7	288,52	20,0	398,12	719,83	719,66	719,79	+0,17	+0,04
"	20	1	724,57	18,7	290,42	19,0	398,15	723,19	723,19	723,29	0,00	-0,10
"	22	1	725,95	23,0	290,32	23,4	398,15	724,05	723,84	723,94	+0,21	+0,11
"	23	1	730,20	20,4	292,48	21,8	397,89	728,60	728,31	728,40	+0,29	+0,20
"	27	1	723,85	17,2	289,83	17,3	397,85	722,64	722,31	722,42	+0,33	+0,22
"	29	1	717,17	19,0	286,21	19,0	397,82	715,77	715,67	715,79	+0,10	-0,02
"	30	1	715,25	19,8	285,12	20,0	397,80	713,79	713,74	713,85	+0,05	-0,06
Juni	1	1	725,00	21,0	289,89	21,0	397,84	723,34	723,10	723,20	+0,24	+0,14
"	6	1	727,40	22,0	291,00	21,6	397,78	725,62	725,55	725,65	+0,07	-0,03
"	8	1	730,18	23,8	291,98	23,8	397,76	728,18	728,02	728,11	+0,16	+0,07
"	9	1	724,65	24,6	289,01	25,0	397,80	722,57	722,30	722,41	+0,27	+0,16
"	15	1	719,70	25,0	286,37	26,0	397,83	717,59	717,35	717,49	+0,24	+0,10
"	18	1	725,32	17,0	290,61	17,6	397,80	724,13	724,07	724,17	+0,06	-0,04
"	19	2	726,15	14,3	291,33	15,0	397,80	725,28	725,16	725,26	+0,12	+0,02
Juli	4	2	725,30	19,8	290,16	21,0	397,73	723,79	723,88	723,98	-0,09	-0,19
"	6	1	729,43	23,7	291,68	23,8	397,70	727,44	727,57	727,66	-0,13	-0,22
"	8	1	722,10	23,8	287,81	24,8	397,70	720,13	720,07	720,19	+0,06	-0,06
"	10	1	721,57	19,7	288,40	19,8	397,75	720,08	720,12	720,24	-0,04	-0,16

Datum	Uhr	<i>f</i>	<i>t</i>	<i>a</i>	τ	<i>m</i>	<i>b</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	Δ_1	Δ_2
1875											
Juli 11	8 V	723,15	18,9	289,27	19,7	397,88	721,75	721,58	721,69	+0,17	+0,06
" 13	1	728,55	19,2	292,00	19,7	397,70	727,11	727,36	727,45	-0,25	-0,34
" 16	1	717,20	20,6	286,07	20,5	397,65	715,61	715,93	716,05	-0,32	-0,44
" 20	12	723,75	21,9	289,11	22,0	397,69	722,00	722,05	722,16	-0,05	-0,16
" 26	9 V	730,32	19,0	292,92	21,0	397,88	728,92	729,05	729,12	-0,13	-0,20
Aug. 12	2	724,28	26,8	288,62	27,6	398,02	721,94	721,72	721,83	+0,22	+0,11
" 17	1	731,20	27,7	291,92	29,5	398,10	728,74	728,65	728,74	+0,09	0,00
Sept. 7	3	728,50	21,0	292,20	21,0	398,15	726,84	727,09	727,18	-0,25	-0,34
" 8	1	726,93	22,0	291,14	22,6	398,20	725,16	725,23	725,32	-0,07	-0,16
" 9	1	725,25	22,5	290,13	23,3	398,20	723,41	723,35	723,45	+0,06	-0,04
" 10	1	722,90	22,7	288,91	23,8	398,17	721,06	721,11	721,21	-0,05	-0,15
" 11	1	726,00	22,4	290,66	22,6	398,15	724,17	724,36	724,46	-0,19	-0,29
" 13	1	727,62	23,7	291,18	24,4	398,21	725,64	725,66	725,75	-0,02	-0,11
" 16	1	728,21	18,7	292,51	19,0	398,29	726,82	727,08	727,17	-0,26	-0,35
" 17	1	727,80	21,5	291,72	22,0	398,29	726,08	726,07	726,16	+0,01	-0,08
" 31	10 V	722,50	15,8	289,95	15,8	398,30	721,46	721,52	721,62	-0,06	-0,16

Ich lasse jetzt die auf Excursionen gemachten Beobachtungen folgen:

Den 16. October 1874, Vergleichung des Aneroid- mit dem Stationsbarometer in Schwyz, Abends 6 Uhr. Seine Correction ergab sich im Jahre 1865 zu + 0,87 gegen das Normalbarometer in Bern (in den bisherigen meteorologischen Beobachtungen steht wegen eines Versehens meinerseits - 0,13)

Stationsbarometer 713,20^{mm} Temperatur 16,5°

$$b = 711,30 + 0,87 = 712,17$$

Aneroidbar. 284,84^{mm} Temp. 16,5° Marke 398,12

$$b_1 = 712,04 \quad b_2 = 712,14.$$

Die Schwerecorrection wird (da die Höhe = 547 Meter) + 0,03, und somit corrigirt

$$b_1 = 712,07 \quad b_2 = 712,17 \quad \Delta_1 = + 0,10 \quad \Delta_2 = 0,00.$$

In der ersten Hälfte des April 1875 hatte ich das Instrument bei mir, während eines Landaufenthaltes, ohne

Vergleichungen zu machen; ebenso nahm ich es mit den 18. Mai 1875 auf einen Ausflug nach dem Gäbris (Angabe des Aneroid 654,45^{mm}), wie noch auf mehrere kleinere Excursionen, ohne Vergleichungen zu machen, nur um zu constatiren, dass Reisen und Erschütterungen keinen merk-
baren Einfluss auf das Instrument haben. Endlich machte ich im Juli 1875 zwei Hauptexcursionen, eine auf den Uetli-
berg, die andere in die Kantone Schwyz und Uri, die folgende Resultate ergaben:

N ^o .	O r t.	Höhe Met.	Datum	Uhr	<i>f</i>	<i>t</i>	<i>a</i>	τ	<i>m</i>
1875									
1	Fuss d. Uetlib.	500	Juli 11	9 ³ / ₄	V 716,70	19,6	285,44	22,0	397,65
2	Weiter oben	660	" 11	10 ¹ / ₂	V 699,30	17,3	276,92	19,8	397,56
3	Utoculm . .	870	" 11	12	687,75	19,7	270,40	20,0	397,53
4	Im Rückwege	660	" 11	1	N 698,65	18,3	276,30	20,8	397,52
5	Fuss d. Berg.	500	" 11	1 ³ / ₄	N 715,85	21,0	285,14	21,5	397,67
6	Schwyz . . .	540	" 21	8	V 718,56	20,1	286,79	21,0	397,78
7	" . . .	540	" 22	7	V 714,75	18,8	285,00	19,0	397,78
8	Mythenweg .	870	" 22	9	V 684,53	16,8	269,25	17,0	397,70
9	Gross.Mythen	1900	" 22	1	V 605,95	9,7	223,40	11,0	397,77
10	Mythenweg .	870	" 22	6	N 684,20	15,6	269,22	17,0	397,80
11	Schwyz . . .	540	" 23	5	V 713,00	17,8	284,48	18,0	397,97
12	Altorf	450	" 23	9 ¹ / ₂	V 717,40	18,9	286,75	19,0	398,10
13	Bürglen . . .	500	" 24	6 ¹ / ₂	V 713,55	15,7	284,60	15,5	397,58
14	Unterschäch.	1020	" 24	9	V 677,10	14,7	265,18	15,0	397,58
15	Alp Aesch .	1270	" 24	11 ¹ / ₂	V 658,25	16,2	254,42	16,0	397,70
16	Balmalp . .	1730	" 24	3 ¹ / ₂	N 620,45	14,8	231,31	17,0	397,27
17	Alp Mettinen	1670	" 24	5	N 635,90	15,4	241,42	16,5	397,91
18	Weissenboden	1700	" 25	4 ¹ / ₂	V 624,55	9,7	235,40	9,8	397,85
19	Ob. Sennalp	2080	" 25	6 ¹ / ₂	V 595,30	11,4	216,44	9,5	397,75
20	Zwischen Paulen u. Rossstock . . .	2300	" 25	9	V 580,25	11,0	205,90	10,0	397,69
21	Liedernenalp	1730	" 25	11 ¹ / ₂	V 622,65	15,6	232,78	17,8	397,65

In grössern Höhen als die vorkommende von 2300 Meter konnten keine Vergleichungen gemacht werden, weil es einestheils unmöglich gewesen wäre den Fortin-
barometer aufzuhängen, anderntheils an letzterem 574

Millimeter überhaupt die letzte mögliche Ablesung ist, doch ist zu erwarten, dass auch in noch grössern Höhen die Uebereinstimmung mit der Normaltabelle sich gezeigt hätte. Ich gebe nun in Folgendem die reducirten Beobachtungen. Dabei bedeutet b die auf 0° und den Berner Normalbarometer reducirte Fortinablesung, b_1 und b_2 die nach Normaltabelle I und II und auf 0° reducirten Aneroidablesungen ohne Schwerecorrection, $\Delta_1 = b - b_1$, $\Delta_2 = b - b_2$, σ die Schwerecorrection, $b'_1 = b_1 + \sigma$, $b'_2 = b_2 + \sigma$, $\Delta'_1 = b - b'_1$, $\Delta'_2 = b - b'_2$. Die Zahlen der ersten Colonne beziehen sich auf die entsprechenden Nummern der Beobachtungen.

N ^o .	b	b_1	b_2	Δ_1	Δ_2	σ	b'_1	b'_2	Δ'_1	Δ'_2
1	715,23	715,03	715,16	+0,20	+0,07	+0,02	715,05	715,18	+0,18	+0,05
2	698,15	697,27	697,30	-0,12	-0,15	+0,05	697,32	697,35	-0,17	-0,20
3	686,36	686,50	686,54	-0,14	-0,18	+0,10	686,60	686,64	-0,24	-0,28
4	697,38	697,64	697,67	-0,26	-0,29	+0,05	697,69	697,72	-0,31	-0,34
5	714,23	714,32	714,44	-0,09	-0,21	+0,02	697,34	697,46	-0,11	-0,23
6	717,02	717,17	717,31	-0,15	-0,29	+0,03	717,20	717,34	-0,18	-0,32
7	713,38	713,37	713,49	+0,01	-0,11	+0,03	713,40	713,52	-0,02	-0,12
8	683,47	683,62	683,67	-0,15	-0,20	+0,10	683,72	683,77	-0,25	-0,30
9	605,80	605,63	605,51	+0,17	+0,29	+0,28	605,91	605,79	-0,11	+0,01
10	683,28	683,39	683,44	-0,11	-0,16	+0,10	683,49	683,54	-0,21	-0,26
11	711,75	711,86	711,96	-0,11	-0,21	+0,03	711,89	711,99	-0,14	-0,24
12	716,01	716,13	716,26	-0,12	-0,25	+0,01	716,14	716,27	-0,13	-0,26
13	712,54	712,58	712,68	-0,04	-0,14	+0,02	712,60	712,70	-0,06	-0,16
14	676,29	676,17	676,20	+0,12	+0,09	+0,13	676,30	676,33	-0,01	-0,04
15	657,33	657,09	657,07	+0,24	+0,26	+0,17	657,26	657,24	+0,07	+0,09
16	619,77	619,50	619,43	+0,27	+0,34	+0,27	619,77	619,70	0,00	+0,07
17	635,12	634,68	634,77	+0,44	+0,35	+0,26	634,94	635,03	+0,18	+0,09
18	624,37	624,20	624,17	+0,17	+0,20	+0,27	624,47	624,44	-0,10	-0,07
19	595,00	594,83	594,83	+0,17	+0,17	+0,30	595,13	595,13	-0,13	-0,13
20	580,01	579,49	579,52	+0,52	+0,49	+0,34	579,83	579,86	+0,18	+0,15
21	621,88	621,32	621,26	+0,56	+0,62	+0,27	621,59	621,53	+0,29	+0,35

Die Vergleichenngen sprechen wohl deutlich genug, und die Veränderung der Differenzen zwischen Aneroid- und Quecksilberbarometer dürfte kaum grösser sein als zwischen

zwei Quecksilberbarometern, wie sich aus folgenden Vergleichen die im Jahre 1871 durch Herrn Prof. Wolf vorgenommen wurden unmittelbar ergibt: *N* sind die auf 0° reducirten Ablesungen des Zürcher Normalbarometers, das 0,47^{mm} tiefer als das Berner steht, *H* diejenigen an einem Heberbarometer, *S* diejenigen an dem Barometer der meteorologischen Station der Sternwarte.

Datum 1871		<i>N</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	Differenzen	
					<i>N-H</i>	<i>N-S</i>
October	13	729,7	729,1	730,0	+0,6	-0,3
"	14	25,0	25,1	25,1	-0,1	-0,1
"	15	22,3	22,0	22,4	+0,3	-0,1
"	16	21,8	21,7	22,1	+0,1	-0,3
"	17	24,4	23,9	24,6	+0,5	-0,2
"	18	23,3	23,0	23,6	+0,3	-0,3
"	19	18,5	18,2	18,7	+0,3	-0,2
"	20	21,5	21,1	21,6	+0,4	-0,1
"	21	25,1	24,8	25,2	+0,3	-0,1
"	22	23,7	23,1	23,7	+0,6	0,0

Bei den geringen Abweichungen zwischen den Normaltabellen I und II lässt sich nicht wohl entscheiden, ob die eine oder die andere den Vorzug verdiene, doch sind im Allgemeinen nach II die Differenzen etwas kleiner als nach I, so dass ich mich der Ansicht hinneige, die durch Rechnung ausgeglichene Tabelle II verdiene den Vorzug.

Wenn ich nun auch natürlich keineswegs behaupten will, dieses neue Aneroid bleibe beständig unveränderlich, so glaube ich doch dargethan zu haben, dass es diese Eigenschaft während längerer Zeit beibehält, auch wenn es den Erschütterungen der Reise ausgesetzt ist, und es wäre wohl nicht unmöglich, dass es statt der etwas unbequemen Heber und Fortinbarometer zur Vergleichung

der Barometer auf meteorologischen Stationen mit annähernd gleicher Genauigkeit benutzt werden könnte, und vielleicht auch zur See gute Dienste leisten würde.

Natürlich müssen die Temperaturcorrectionen und die Normaltabellen mit grösst möglicher Sorgfalt und Geduld bestimmt werden, und soll jedes Instrument mindestens ein Jahr alt sein, bevor es zu ernstlichen Beobachtungen benutzt wird. Dass jedes Instrument unter ein, durch die Luftpumpe zu bestimmendes Minimum von Luftdruck nicht gebraucht werden darf, weil damit gleichsam die Elasticitätsgrenze überschritten wird, habe ich schon früher erwähnt.

Herr Billwiller, Chef der meteorologischen Centralanstalt, hat mein Aneroidbarometer auf einer Excursion ebenfalls mit einigen schon früher mit dem Fortin verglichenen Stationsbarometern verglichen und auch gute Uebereinstimmung gefunden.

Temperatur und Luftdruck in der freien Atmosphäre an Sommertagen.

An das Aneroidbarometer anschliessend möchte ich noch einige Notizen über eine zu barometrischen Höhenmessungen besonders günstige Zeit geben.

Nach den Untersuchungen von Bauernfeind, Rühlmann, Plantamour u. A. hat sich ergeben, dass die nach der gewöhnlichen barometrischen Höhenformel berechneten Höhendifferenzen aus Beobachtungen, die im Sommer zur Zeit des Temperaturmaximums gemacht werden, beträchtlich zu gross ausfallen, und man hat daraus gewiss mit Recht folgenden Schluss gezogen: Da im Mittel aus vielen Beobachtungen der Luftdruck an der obern Station der gleiche

sein muss, wie in gleicher Höhe senkrecht über der untern Station, so kann die Abweichung der berechneten von der richtigen Höhendifferenz nur darin liegen, dass die Temperaturabnahme in der freien Luftsäule eine andere ist, als sie sich aus der Temperatur an der obern und untern Station ergibt, und es haben die genannten Herren die Formel umgekehrt, und aus der untern Temperatur und den beiden Barometerständen die wahre Lufttemperatur in der freien Luftsäule in der Höhe der obern Station berechnet.

Daran anschliessend werde ich in Nachstehendem zeigen, dass man eine richtige Höhendifferenz aus Sommermittagsbeobachtungen erhalten kann, mit dem Vortheil, dass man die oft schwierig zu bestimmende Lufttemperatur der obern Station nicht zu ermitteln braucht, und deshalb im Mittel mehrerer Beobachtungen auch dann noch richtige Höhendifferenzen erhält, wenn die Stationen horizontal ziemlich weit auseinander liegen, sofern nur noch angenommen werden kann, dass die zufälligen Luftdruckdifferenzen in gleichen Höhen im Mittel ausgeglichen sind.

Ist Q die in einem Kilogramm Gas enthaltene Wärme, T die absolute Temperatur, c die spezifische Wärme bei constantem Drucke, p der absolute Druck, A das Wärmeäquivalent des Kilogrammmeters, R eine jedem Gas besonders angehörende Constante, so gibt die mechanische Wärmetheorie folgende Fundamentalgleichungen:

$$1) \quad dQ = cdT - ART \cdot \frac{dp}{p}$$

$$2) \quad pv = RT$$

Diese Gleichungen gelten somit auch für die freie atmosphärische Luft.

Haben wir nun eine freie Luftsäule, und ist dh die unendlich kleine Höhenveränderung, so wird

$$dh = -\frac{RT}{p} \cdot dp$$

also

$$3) \quad dQ = c \cdot dT + Adh$$

Hieraus folgt wie ich schon früher gezeigt habe (Vierteljahrsschrift, 16. Jahrgang, pag. 388)

$$4) \quad A(h_2 - h_1) = cT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}} \frac{1}{e^{\frac{1}{c} \int \frac{dQ}{T}}} \right] + Q_2 - Q_1$$

wo h_1 und h_2 die Meereshöhen zweier senkrecht über einander sich befindenden Orte, p_2 und p_1 die entsprechenden absoluten Luftdrucke, T_1 die absolute Temperatur der Luft am untern Orte, Q_1 und Q_2 die in einem Kilogramm Luft an der untern und obern Station enthaltene absolute Wärmemenge bezeichnet.

Nehmen wir nun die Sommernachmittage, so haben wir an solchen einen mehr oder minder aufsteigenden Luftstrom, der, aus der Höhe der Federwolken zu schliessen, meist bis zu einer beträchtlichen Höhe hinaufreicht. Da die Luft direct nur sehr wenig Sonnenwärme aufnimmt, so kann das Aufsteigen als ohne Wärmeaufnahme und Abgabe vor sich gehend angenommen werden, namentlich an schönen wolkenlosen Tagen, wo durch Verdichtung von Wasserdampf keine Wärme frei wird. Dann ist

$$\int \frac{dQ}{T} = 0 \quad Q_2 - Q_1 = 0$$

und unsere Gleichung wird

$$5) \quad h_2 - h_1 = \frac{c}{A} T_1 \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}} \right)$$

welche somit die Höhendifferenz für Sommernachmittage geben wird.

A und R ändern mit der geographischen Breite und der Meereshöhe so zwar, dass AR constant bleibt. Dann sind R und c noch mit der Feuchtigkeit der Luft veränderlich. Ebenso ändert sich der absolute Luftdruck mit der Höhe und der Polhöhe gegenüber dem durch das Quecksilberbarometer angezeigten, so dass

$$6) \begin{cases} A = \frac{A_0 \cdot \varrho^2}{(1 + \beta \cos 2\varphi)(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)} \\ R = R_0(1 + \beta \cos 2\varphi) \frac{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)}{\varrho^2} \left(1 + 0,378 \frac{\pi}{p}\right) \\ c = c_0 + 0,1511 \frac{\pi}{p} \end{cases}$$

wo π die absolute Feuchtigkeit der Luft in Millimetern Quecksilber, φ die Polhöhe, ϱ den Erdradius, R_0 und A_0 die Constanten unter 45° Polhöhe und im Meeresniveau bedeuten, so dass, weil für Paris $R = 29,272$

$$A_0 = \frac{1}{424} \quad R_0 = 29,280$$

$c_0 = 0,23751$ ist die specifische Wärme der trockenen Luft bei constantem Drucke, $\beta = 0,0026257$ nach Bessel. Für ϱ kann ganz gut ein mittlerer Werth angenommen werden, so dass

$$\varrho = 6366197 \text{ vollkommen genügt.}$$

Endlich ist für das Quecksilberbarometer, wenn b_1 und b_2 die Ablesungen an der untern und obern Station bezeichnen

$$7) \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{b_1 (\varrho + h_2)^2}{b_2 (\varrho + h_1)^2}$$

während

$$8) \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{a_1}{a_2}$$

wenn a_1 und a_2 die Angaben des Aneroid bezeichnen.

Gleichung 5 ist für die Rechnung etwas unbequem und kann so abgeändert werden, dass sie der gewöhnlichen Barometerformel entspricht. Sie kann nämlich in eine sehr rasch convergirende Reihe entwickelt werden, und man erhält:

$$h_2 - h_1 = \frac{c}{A} T_1 \left[-\frac{AR}{c} \mathfrak{L} \frac{p_2}{p_1} - \frac{1}{1.2} \left(\frac{AR}{c} \right)^2 \left(\mathfrak{L} \frac{p_2}{p_1} \right)^2 - \right. \\ \left. - \frac{1}{1.2.3} \left(\frac{AR}{c} \right)^3 \left(\mathfrak{L} \frac{p_2}{p_1} \right)^3 - \dots \right]$$

oder

$$9) \quad h_2 - h_1 = RT_1 \mathfrak{L} \frac{p_1}{p_2} \left[1 - \frac{1}{2} \frac{AR}{c} \mathfrak{L} \frac{p_1}{p_2} + \right. \\ \left. + \frac{1}{6} \left(\frac{AR}{c} \right)^2 \left(\mathfrak{L} \frac{p_1}{p_2} \right)^2 - \dots \right]$$

wo \mathfrak{L} den natürlichen Logarithmus bedeutet.

Setzen wir

$$10) \quad H = RT_1 \mathfrak{L} \frac{p_1}{p_2}$$

so ist H nichts anderes als die nach der gewöhnlichen Barometergleichung aus dem untern und obern Barometerstande, aber nur mit der Temperatur der untern Station berechnete Höhendifferenz.

Sind wie früher schon angegeben a_1 und a_2 die Angaben des Aneroid, so ist unmittelbar

$$11) \quad H = RT_1 \mathfrak{L} \frac{a_1}{a_2}$$

Werden dagegen die Beobachtungen am Quecksilberbarometer gemacht und mit b_1 und b_2 bezeichnet, so wird

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{b_1}{b_2} \cdot \frac{(\varrho + h_2)^2}{(\varrho + h_1)^2}$$

und dann für die ganze Atmosphärenhöhe mit genügender Näherung

$$12) \quad \mathfrak{L} \frac{p_1}{p_2} = \mathfrak{L} \frac{b_1}{b_2} + 2 \frac{h_2 - h_1}{\varrho}$$

In dieser Gleichung kann ohne irgendwie merklichen Fehler für die vorkommenden Höhenunterschiede gesetzt werden

$$h_2 - h_1 = R T_1 \mathfrak{L} \frac{b_1}{b_2}$$

also

$$13) \quad \mathfrak{L} \frac{p_1}{p_2} = \left(1 + \frac{2RT_1}{\varrho}\right) \mathfrak{L} \frac{b_1}{b_2}$$

Dann wird

$$14) \quad H = R \left(1 + 2 \frac{RT_1}{\varrho}\right) T_1 \mathfrak{L} \frac{b_1}{b_2}$$

oder

$$H = R \left(1 + 2 \frac{RT_1}{\varrho}\right) \cdot M T_1 \log \frac{b_1}{b_2}$$

wo $M = 2,302585$ den Modulus der gemeinen Logarithmen bezeichnet, und \log die gemeinen Logarithmen.

Setzen wir endlich

$$S = R \left(1 + 2 \frac{RT_1}{\varrho}\right) M$$

oder mit genügender Genauigkeit:

$$15) \quad S = 29,280 (1 + \beta \cos 2\varphi) \frac{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)}{\varrho^2} \left(1 + \frac{2 \cdot 29,280 T_1}{\varrho}\right) \left(1 + 0,378 \frac{\pi}{b}\right) M$$

wo

$$\frac{\pi}{b} = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi_1}{b_1} + \frac{\pi_2}{b_2}\right)$$

so bekommen wir

$$16) \quad H = ST_1 \log \frac{b_1}{b_2}$$

und hierauf endlich

$$17) \quad h_2 - h_1 = H \left[1 - \frac{1}{2} \frac{AH}{cT_1} + \frac{1}{6} \left(\frac{AH}{cT_1} \right)^2 - \frac{1}{24} \left(\frac{AH}{cT_1} \right)^3 + \dots \right]$$

Bis zu Höhendifferenzen von 4000 Meter haben das 4. und die folgenden Glieder auf den Zehntelmeter keinen Einfluss und kann man daher einfach als definitive Höhenformel schreiben:

$$18) \quad h_2 - h_1 = H - \frac{1}{2} H \left(\frac{AH}{cT_1} \right) + \frac{1}{6} H \left(\frac{AH}{cT_1} \right)^2$$

S ändert sich mit der geographischen Breite und der Meereshöhe nur wenig. Setzen wir nämlich:

$$19) \quad S_1 = 29,280 (1 + \beta \cos 2\varphi) \frac{(e + h_1)(e + h_2)}{e^2} \left(1 + 2 \cdot 29,280 \frac{T_1}{e} \right) M$$

so erhalten wir folgende Werthe von $\log S_1$ für verschiedene Temperaturen, geographische Breiten und Meereshöhen, wenn durchweg $h_1 = 500$ Meter gesetzt wird.

$$T_1 = 275^\circ$$

h_2	$\varphi = 30^\circ$	$\varphi = 35^\circ$	$\varphi = 40^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\varphi = 50^\circ$	$\varphi = 55^\circ$	$\varphi = 60^\circ$
0 ^m	1,83047	1,83029	1,83010	1,82990	1,82970	1,82951	1,82933
1000	1,83054	1,83036	1,83017	1,82997	1,82977	1,82958	1,82940
2000	1,83061	1,83043	1,83024	1,83004	1,82984	1,92965	1,82947
3000	1,83068	1,83050	1,83031	1,83011	1,82991	1,82972	1,82954
4000	1,83075	1,83057	1,83038	1,83018	1,82998	1,82978	1,82961

$$T_1 = 295^\circ$$

h_2	$\varphi = 30^\circ$	$\varphi = 35^\circ$	$\varphi = 40^\circ$	$\varphi = 45^\circ$	$\varphi = 50^\circ$	$\varphi = 55^\circ$	$\varphi = 60^\circ$
0 ^m	1,83055	1,83037	1,83018	1,82998	1,82978	1,82959	1,82941
1000	1,83062	1,83044	1,83025	1,83005	1,82985	1,82966	1,82948
2000	1,83069	1,83051	1,83032	1,83012	1,82992	1,82973	1,82955
3000	1,83076	1,83058	1,83039	1,83019	1,82999	1,82980	1,82962
4000	1,83083	1,83065	1,83046	1,83026	1,83006	1,82987	1,82968

Bezeichnen wir mit $\log S'_1$ die Werthe für die Temperatur von 275° und ΔT die Abweichung von dieser, so ist innerhalb der gewöhnlichen Temperaturgrenzen

$$\log S_1 = \log S'_1 + 0,000004 \Delta T$$

dann ist

$$20) \quad S = S_1 \left(1 + 0,378 \frac{\pi}{b} \right)$$

Hieraus ergeben sich folgende Zusätze zu $\log S_1$ wegen der Feuchtigkeit:

$\frac{\pi}{b} = 0,000$	$0,005$	$0,010$	$0,015$	$0,020$	$0,025$	$0,030$
Zusatz = $0,00000$	$0,00082$	$0,00164$	$0,00246$	$0,00328$	$0,00408$	$0,00488$

oder es ist mit genügender Näherung

$$21) \quad \log S = \log S'_1 + 0,000004 \Delta T + 0,163 \cdot \frac{\pi}{b}$$

Der Quotient $\frac{A}{c}$ kommt nur in den Correctionsgliedern vor, und braucht daher nicht mit der äussersten Genauigkeit gerechnet zu werden, d. h. man kann den Einfluss der Schwereänderung gänzlich vernachlässigen. Da ferner die abgeleitete Gleichung nur speciell für die Sommermittage gilt, so ist die Feuchtigkeitsverschiedenheit so gering, dass auch c constant angenommen werden kann.

Was nun die Beträge betrifft, so habe ich bei A geschwankt zwischen dem früher angenommenen Werthe $A_1 = \frac{1}{424}$ und dem neuen Regnault'schen $A_2 = \frac{1}{436}$; ferner setzte ich, um den mittlern Feuchtigkeitsgehalt der Sommerluft zu berücksichtigen

$$c = 0,2400.$$

Nun ist

$$\log \frac{A_1}{c} = \bar{3},99242 \quad \log \frac{A_2}{c} = \bar{3},98030$$

Um einen Anhaltspunkt für den Vorzug der einen oder der andern Grösse zu haben, benutzte ich Beobachtungen, bei denen ich sowohl über die Genauigkeit der Beobachtungen als auch über die genaue, durch Nivellement gefundene Höhendifferenz nicht im Zweifel sein konnte, nämlich Genf und St. Bernhard, wo die Höhendifferenz zwischen den Gefässen beider Barometer

2070,3 Meter

beträgt.

Das Mittel der Beobachtungen an beiden Orten ist für den Monat Juli 2 Uhr Nachmittags aus den Jahren 1841 bis 1858

$$b_1 = 727,17^{\text{mm}} \quad b_2 = 568,36^{\text{mm}}, \quad T_1 = 295,23^\circ \quad T_2 = 281,68^\circ$$

$$\pi_1 = 10,39^{\text{mm}} \quad \pi_2 = 5,04^{\text{mm}}, \quad \frac{\pi_1}{b_1} = 0,01422 \quad \frac{\pi_2}{b_2} = 0,00888$$

$$\frac{\pi}{b} = 0,01155$$

$$\log S'_1 = 1,82997 \quad \log S = 1,83190$$

$$H = 2145,5 \quad \frac{1}{2} H \left(\frac{A_1 H}{c T_1} \right) = 76,6 \quad \frac{1}{2} H \left(\frac{A_2 H}{c T_1} \right) = 74,5$$

$$\frac{1}{6} H \left(\frac{A_1 H}{c T_1} \right)^2 = 1,8 \quad \frac{1}{6} H \left(\frac{A_2 H}{c T_1} \right)^2 = 1,7$$

Mit dem Werthe $A_1 = \frac{1}{424}$ ergibt sich also

$$h_2 - h_1 = 2070,7 \text{ Meter}$$

und mit $A_2 = \frac{1}{436}$ finden wir

$$h_2 - h_1 = 2072,7 \text{ Meter}$$

also sprechen diese Beobachtungen eher für $A = \frac{1}{424}$, wesshalb ich auch diesen Werth zu Berechnung weiterer Höhendifferenzen oder also

$$\log \frac{A}{c} = \overline{3,99242}$$

benutzt habe.

Um nun zu zeigen, welche Uebereinstimmung sich zeigt zwischen der wirklichen und der barometrischen Höhendifferenz, habe ich letztere für die Stationen Genf-St. Bernhard aus den Julimitte 2 Uhr Nachmittags für verschiedene Jahre berechnet und folgende Ergebnisse erhalten, wobei ich nach der Erfahrung die relative Feuchtigkeit auf dem St. Bernhard 10 $\frac{0}{10}$ grösser genommen habe als in Genf

Jahr	b_1	b_2	T_1	T_2	π_1	π_2	$\log S$	H	$h_2 - h_1$
1865	727,72	569,89	297,06	283,52	11,09	5,68	1,83208	2142,5	2068,4
1866	726,80	568,16	295,80	282,73	10,70	5,56	1,83201	2148,6	2073,8
1867	727,32	568,17	295,24	281,71	9,36	4,76	1,83175	2149,5	2074,4
1868	726,46	568,24	296,36	282,33	11,17	5,43	1,83206	2147,6	2072,9
1869	727,98	570,61	298,45	285,27	12,06	6,36	1,83230	2145,7	2071,7
1870	726,44	569,15	298,92	283,96	10,90	5,30	1,83202	2151,5	2077,2

Natürlich würden sich bei Benutzung einzelner Beobachtungen grössere oder kleinere Abweichungen vom richtigen Werthe geben. In den Monaten Juni und August fallen die Höhendifferenzen schon um ein geringes zu klein aus; denn die Mittel der Jahre 1841 bis 58 liefern für Juni und August 2 Uhr Nachmittags 2068,9, resp. 2067,4 Meter. In ähnlicher Weise geben die Beobachtungen um 12 Uhr und 4 Uhr im Juli, im Mittel des gleichen Zeitraumes 2068,7 und 2066,1 Meter.

Ich habe auch noch auf gleiche Art die Höhendifferenz der horizontal weniger entfernten Orte Schwyz und Riggulm bestimmt.

In den schweizerischen meteorologischen Beobachtungen ist die Höhe des Schwyzerbarometers zu 547^m angegeben. Die Barometerdifferenz zwischen Zürich und Schwyz be-

trägt aber $6,1^{\text{mm}}$, was einer Höhendifferenz von 74 Meter gleich kommt. Nun ist die Höhe des Zürcherbarometers 480 Meter, und somit die des Schwyzerbarometers 554 Meter. Die Höhe des Barometers auf Rigikulm beträgt 1784 Meter, folglich die Höhendifferenz 1230 Meter.

Die Julimittel um 1 Uhr Mittags geben in den Jahren

Jahr	b_1	b_2	T_1	T_2	π_1	π_2	$\log S$	H	$h_2 - h_1$
1864	715,62	618,63	293,07	284,34	11,75	7,00	1,83224	1259,8	1233,4
1865	715,89	619,55	294,63	287,00	12,10	8,10	1,83242	1257,3	1231,3

Die Höhendifferenz Chaumont-Neuchâtel beträgt 664 Meter. Die Julimittel um 1 Uhr Nachmittags geben:

Jahr	b_1	b_2	T_1	T_2	π_1	π_2	$\log S$	H	$h_2 - h_1$
1864	720,57	667,26	296,26	290,15	11,70	9,60	1,83245	672,4	665,0
1865	720,84	667,79	297,25	291,30	11,25	10,00	1,83245	671,0	663,6

u. s. f. Ich glaube die angeführten Beispiele genügen, um die Richtigkeit der geäußerten Anschauungen und der erhaltenen Gleichungen darzuthun, namentlich wenn man bedenkt, dass rein auf physikalischem Wege gefundene Constanten benutzt wurden.

Es hätten eigentlich zur Rechnung nur an schönen Tagen gemachte Beobachtungen benutzt werden sollen. Der Monat Juli ist aber an und für sich schon ziemlich wolkenlos, um die einfache Benutzung des Monatsmittels zu gestatten. Nehmen wir für den Juli 1865 nur die 1 Uhr Beobachtungen an den 10 eigentlich schönen Tagen, nämlich den 4., 5., 6., 13., 14., 15., 16., 17., 19., 20., so bekommen wir für Rigi-Schwyz $b_1 = 716,33^{\text{mm}}$, $b_2 = 620,88^{\text{mm}}$, $T_1 = 297,58$, $T_2 = 290,10$, $\pi_1 = 11,50$, $\pi_2 = 7,97$, $\log S = 1,83234$, $H = 1256,1$ Meter, $h_2 - h_1 = 1230,4$ Meter.

Handelt es sich nur um ganze Meter, so kann $\log S'$ für Europa als constant angenommen und

$$\log S'_1 = 1,83000$$

also

$$22) \quad \log S = 1,83000 + 0,000004 \Delta T + 0,163 \frac{\pi}{b}$$

gesetzt werden. Der Einfluss des zweiten Gliedes ist nur gering, und um ihn für den Sommer zu berücksichtigen, setzen wir

$$23) \quad \log S = 1,83005 + 0,163 \frac{\pi}{b}$$

Da die Beobachtungen immer in den Sommer fallen, so können wir auch ohne mehr als einen Meter in der Höhendifferenz zu fehlen einen mittlern Feuchtigkeitseinfluss einführen und setzen

$$24) \quad \log S = 1,83200 \quad \log \frac{A}{c} = \bar{3},99242$$

Mit Benutzung dieser Werthe geben dann die Gleichungen 16 und 18 mit Leichtigkeit und genügender Genauigkeit die Höhendifferenz.

Ich lege nun nicht gerade das Hauptgewicht auf die praktische Anwendung der gewonnenen Resultate, sondern darauf, dass aus der Untersuchung die Richtigkeit der Anschauungen der mechanischen Wärmetheorie sich ergibt, und sich der Schluss ziehen lässt, dass die neuere Meteorologie, wie es zum Theil schon seit einigen Jahren geschehen, es nicht unterlassen darf, sich der genannten Theorie als eines sehr nützlichen Werkzeuges zu bedienen.