Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

227. Barometrische Höhenmessung

urn:nbn:de:hbz:466:1-96939

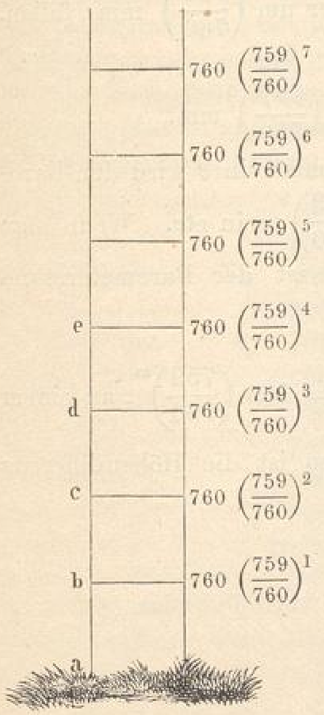
zwischen dem 30. und 40. Breitengrade sein Maximum erreicht, dann weiter nach Norden hin wieder abnimmt und zwischen dem 60. und 70. Grade nördlicher Breite wieder ein Minimum erreicht.

Auf der südlichen Halbkugel nimmt der Barometerstand vom Aequator nach Süden hin stark zu und erreicht den höchsten Stand unter dem 30. Breitengrade. Darauf nimmt er bedeutend ab und wird sein Minimum wohl etwa beim Südpole selbst finden.

Die Linien gleicher Barometerhöhe, von denen später noch die Rede sein wird, nennt man Isobaren. In Tab. XLV sind die Jahresisobaren, d. h. die Linien gleicher mittlerer Barometerhöhe (auf den Meeresspiegel reducirt), und in Tab. XLVI und XLVII die mittleren Isobaren für die Monate Januar und Juli gezeichnet.

Barometrische Höhenmessung. Es ist eine schon bald nach 227
Entdeckung des Barometers constatirte Thatsache, dass das Barometer um so mehr sinkt, je mehr man sich mit demselben über den Spiegel des Meeres erhebt. Die Höhendifferenz zweier Orte ist also eine Function der gleichzeitig an denselben beobachteten Barometerstände oder mit anderen Worten: wenn man an zwei nicht allzuweit von einander entfernten Stationen zu gleicher Zeit den Stand des Barometers beobachtet hat, so kann man danach den Höhenunterschied der beiden Stationen berechnen. Suchen wir die dazu nöthige Formel zu entwickeln.

Fig. 345.



Es ist schon im §. 219 erwähnt worden, dass man von einem Orte aus, wo der Barometerstand 760 mm beträgt, um 10,5 m steigen müsse, wenn das Barometer um 1 mm, also bis auf 759 mm (oder, was dasselbe ist, auf $760\left(\frac{759}{760}\right)$ mm) fallen soll. Ohne merklichen Fehler können wir annehmen, dass die ganze Luftschicht von 10,5 m Höhe überall gleich dicht sei, wir können annehmen, dass sie so dicht sei als am Boden. Es sei a, Fig. 345, ein Punkt auf dem Boden, b ein 10,5 m höher gelegener Punkt, und jeder der folgenden Punkte c, d, e u. s. w. liege immer wieder um 10,5 m höher als der nächsttiefere. Da nach dem Mariotte'schen Gesetze die Dichtigkeit der Luft dem Drucke proportional ist, unter welchem sie sich befindet, so muss die Luftschicht bc weniger dicht sein als ab, und zwar werden sich die Dichtigkeiten dieser Schichten verhalten wie die Barometerstände in a und b, d. h. die Dichtigkeit der Schicht bc ist $\frac{759}{760}$ von der Dichtigkeit der Schicht ab. Wenn man also von b nach c steigt, so wird das Barometer nicht abermals um 1 mm, sondern nur um $\left(\frac{759}{760}\right)$ mm fallen. Der Barometerstand in c ist demnach:

$$760\left(\frac{759}{760}\right) - \frac{759}{760} = \frac{759}{760}(760 - 1) = \frac{759^2}{760} = 760\left(\frac{759}{760}\right)^2 \text{mm}.$$

Auf diese Weise können wir weiter schliessen, dass sich die Dichtigkeiten der Schichten bc und cd verhalten wie die Barometerstände in b und c, dass also die Schicht cd $\left(\frac{759}{760}\right)$ mal leichter ist als die Schicht bc. Wenn also die Luftschicht bc einer Quecksilbersäule von $\frac{759}{760}$ mm das Gleichgewicht hält, so kann die Schicht cd nur eine Quecksilbersäule von $\frac{759}{760} \times \left(\frac{759}{760}\right) = \left(\frac{759}{760}\right)^2$ mm tragen, und wenn man sich von c bis d erhebt, so muss das Barometer um $\left(\frac{759}{760}\right)^2$ mm fallen. In d ist also der Barometerstand

$$760\left(\frac{759}{760}\right)^2 - \left(\frac{759}{760}\right)^2 = 760\left(\frac{759}{760}\right)^3 \text{mm}.$$

Dies reicht hin, um das Gesetz zu übersehen: in e wird der Barometerstand $760\left(\frac{759}{760}\right)^4$, in f wird er $760\left(\frac{759}{760}\right)^5$ sein etc. Wenn man sich also n mal 10,5 m über a erhebt, so ist der Barometerstand $760\left(\frac{759}{760}\right)^n$.

Ist an einem Orte der Barometerstand $B = 760\left(\frac{759}{760}\right)^m$, an einem anderen höher gelegenen $b = 760\left(\frac{759}{760}\right)^n$, so ist die Höhendifferenz beider Orte $(n - m)$ mal 10,5 m.

Aus den Gleichungen

$$B = 760\left(\frac{759}{760}\right)^m$$

$$b = 760\left(\frac{759}{760}\right)^n$$

folgt

$$\log B = \log 760 + m \cdot \log \frac{759}{760},$$

$$\log b = \log 760 + n \cdot \log \frac{759}{760}.$$

Zieht man die letzte Gleichung von der vorhergehenden ab, so kommt:

$$log\,B - log\,b = (m - n)\,log\,\frac{759}{760}$$

und

$$log\,B - log\,b = (n - m)\;0{,}0005718$$

$$n - m = \frac{log\,B - log\,b}{0{,}0005718}.$$

Da aber die Höhendifferenz H der beiden fraglichen Orte gleich 10,5 $(n - m)$ m ist, so haben wir auch

$$H = 10{,}5\,\frac{log\,B - log\,b}{0{,}0005718}$$

$$H = 18363\,(log\,B - log\,b)$$

oder endlich

$$H = 18363\;log\,\frac{B}{b}\,\mathrm{m}\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;(A)$$

anzuwenden.

Da der Quotient $\frac{B}{b}$ und folglich auch die Differenz $log\,B - log\,b$ unverändert bleibt, mit welcher Einheit auch die Barometerstände B und b gemessen sein mögen, so kann man nach Belieben die Barometerstände B und b in Millimetern oder in Pariser Linien oder in irgend einem anderen Maasse ausdrücken.

Nach dieser Formel ist der mittlere Barometerstand einer Höhe

von	500 m	über	dem	Meere	714	mm
„	1000 „	„	„	„	670	„
„	2000 „	„	„	„	591	„
„	3000 „	„	„	„	522	„
„	4000 „	„	„	„	460	„
„	5000 „	„	„	„	406	„
„	6000 „	„	„	„	358	„
„	7000 „	„	„	„	316	„
„	8000 „	„	„	„	279	„
„	9000 „	„	„	„	246	„
„	10 000 „	„	„	„	217	„

Aus unserer Formel (A) ergiebt sich nun auch leicht, wie hoch man steigen müsse, wenn das Barometer auf die Hälfte des normalen Barometerstandes am Meere fallen soll. Setzt man $B = 760$, $b = 380$, so folgt $H = 5528$ m.

Erhebt man sich abermals um 5528 m, so muss das Barometer auf $^1/_4$ seines Standes am Meere fallen u. s. w.

Setzt man in unserer Gleichung $B = 760$ und $b = 1$, so folgt $H = 52\,900$. In dieser Höhe von nahe 53 km ist der Luftdruck bereits so gering, dass er nur noch eine Quecksilbersäule von 1 mm zu tragen im Stande ist; in dieser Höhe von etwa 8 Meilen über dem Meeresspiegel ist also die Luft schon so verdünnt, wie wir es kaum mit den besten Luftpumpen erreichen können.

228 **Höhe der Atmosphäre.** So nimmt denn die Dichtigkeit der Luft mit zunehmender Erhebung über den Boden fortwährend ab, bis sie allmählich unmerklich wird und selbst auf die empfindlichsten physikalischen Instrumente nicht mehr zu wirken vermag. Was von Luft über die Höhe von 10 bis 12 geographischen Meilen hinausgeht, ist jedenfalls ein verschwindend kleiner Bruchtheil der übrigen Atmosphäre, und deshalb nimmt man in der Regel an, dass die Atmosphäre eine Höhe von 10 bis 12 geographischen Meilen habe.

Eben weil die Luft expansibel ist, kann sie nicht eine scharfe obere Grenze haben wie die Gewässer, welche die Erdoberfläche bedecken. Es findet eben in den höheren Luftregionen ein allmählicher Uebergang zur unendlichen Verdünnung statt, und deshalb ist auch die Höhe der Atmosphäre keine absolut gegebene und präcis bestimmbare; man kann höchstens sagen, in welcher Höhe die Dichtigkeit der Luft unmerklich wird.

Nehmen wir in diesem Sinne die Höhe der Atmosphäre zu 10 bis 12 geographischen Meilen an, so sehen wir, dass diese Höhe sehr gering ist im Vergleich zum Durchmesser der Erde, welcher nahe 1700 geographische Meilen beträgt. Um sich ein klares Bild von dem Verhältniss der Erdkugel zu ihrer Atmosphäre zu machen, denke man sich eine Kugel von 1 m Durchmesser, welche von einer ungefähr 6 mm dicken luftigen Hülle umgeben ist.

Aber weit unter der angegebenen Grenze verschwindet die letzte Spur des organischen Lebens, welches weder eine solche Luftverdünnung, noch eine so niedrige Temperatur ertragen kann, wie sie in jenen Höhen herrscht und welches schwerlich bis auf die Gipfel der höchsten Berge hinaufsteigt.

229 **Abweichung barometrisch berechneter Höhen von den wahren.** Die Gleichung (A) des §. 227 würde nur dann richtige Werthe für die Höhendifferenz H zweier nicht allzu weit von einander entfernten Orte geben, an welchen man gleichzeitig die Barometerstände B und b beobachtet hat, wenn die Temperatur der ganzen Luftsäule von der unteren Station bis zur Höhe der oberen gleich 0^0 wäre. Wäre die Temperatur dieser ganzen Luftsäule aber gleich T, d. h. gleich der Temperatur am unteren Beobachtungsorte, so würde die Höhendifferenz $H = 18\,363\,(1 + \alpha T) \log \frac{B}{b}$ sein, wenn α den Ausdehnungscoëfficienten der Luft bezeichnet. Ist aber nun t die Temperatur der Luft an der oberen Station, so würde die verticale Luftsäule von dem unteren Beobachtungsorte bis zur Höhe des oberen sich gerade so verhalten wie eine Luftsäule von gleicher Höhe und der mittleren Temperatur $\frac{T + t}{2}$, wenn man annehmen könnte, dass die Temperatur von der unteren