

Ein bei der Ausführung von barometrischen Höhenmessungen zur Messung der Lufttemperatur gebrauchtes Hilfsinstrument ist der Schleuderthermometer; es ist dies ein an einer etwa 0,5 m langen Schnur befestigter Thermometer, der so lange von Hand durch die Luft geschleudert wird, bis die an ihm gemachte Ablesung dieselbe bleibt.

4. Federbarometer.

Bei den als Feld- oder Standbarometer benutzbaren Federbarometern wird der Luftdruck mit Hilfe der Hebungen bzw. Senkungen des Deckels einer luftleeren Dose gemessen. Von den verschiedenen Bauarten eignet sich am besten diejenige von Naudet, die besonders von den Firmen O. Bohne (Berlin) und G. Lufft (Stuttgart) hergestellt wird. Bei dem Instrument nach Naudet werden die kleinen Bewegungen des Dosen-deckels mit Hilfe eines Hebelsystems auf ein Gliederkettchen und von diesem vergrößert auf einen Zeiger übertragen; die zu dem Zeiger gehörige Teilung gibt meist ganze oder halbe Millimeter, so daß man durch Schätzung auf 0,1 mm genau ablesen kann. Da der Stand des Zeigers außer vom Luftdruck auch von der Temperatur der Instrumententeile abhängig ist, so werden die Federbarometer einerseits durch entsprechende Umhüllung gegen Temperaturschwankungen geschützt und andererseits mit einem Thermometer versehen, an dem die Innentemperatur des Instruments abgelesen werden kann; von den beiden genannten Firmen werden auch „kompensierte“ Federbarometer gebaut, bei denen der Zeigerstand unabhängig von der Temperatur der Instrumententeile ist.

Die an einem Federbarometer gemachte Ablesung ist — wie beim Quecksilberbarometer — nicht unmittelbar der Luftdruck. Sollen die bei verschiedenen Luftdrucken und verschiedenen Innentemperaturen gemachten Ablesungen miteinander verglichen und weiterverwertet werden, so muß man an den einzelnen Ablesungen drei Verbesserungen anbringen; es sind dies die Temperaturverbesserung, die Teilungsverbesserung und die Standverbesserung. Diese Verbesserungen müssen für jedes Instrument durch entsprechende Untersuchungen besonders bestimmt werden; das Ergebnis einer solchen Untersuchung drückt man aus in einer Gleichung von der Form

$$A_t = A + at + b(A_t - C) + c, \quad \text{wobei} \quad A_t = A + at.$$

Dabei sind A_t die umgerechnete Ablesung, A die ursprüngliche Ablesung, a der Temperaturkoeffizient, t die Innentemperatur, at die Temperaturverbesserung, b der Teilungskoeffizient, C ein beliebiger, gleich einer runden Zahl angenommener Barometerstand, $b(A_t - C)$ die Teilungsverbesserung und c die Standverbesserung.

Der Temperaturkoeffizient a wird für sich, und zwar zuerst bestimmt; den Teilungskoeffizienten b und die Standverbesserung c bestimmt man gemeinsam.

Den Temperaturkoeffizient a bestimmt man dadurch, daß man an dem Instrument bei möglichst verschiedenen Innentemperaturen Ablesungen macht und dabei die in der Zeit zwischen den einzelnen Ab-

lesungen eingetretenen Luftdruckänderungen durch je gleichzeitiges Ablesen an einem Quecksilberbarometer oder einem zweiten, in der Temperatur und Höhenlage nicht veränderten Federbarometer ermittelt. Die Untersuchung führt man im Winter aus; man bringt dabei das seiner Umhüllung entnommene Instrument unter Einhaltung derselben Höhenlage zuerst ins Freie und dann in verschieden erwärmte Räume, wobei vor Ausführung der einzelnen Ablesungen das Instrument so lange in jeder neuen Temperatur liegen muß, bis anzunehmen ist, daß seine einzelnen Teile die Temperatur angenommen haben.

Ein Beispiel für die Bestimmung des Temperaturkoeffizienten eines Federbarometers ist das folgende:

Zeit h	Quecksilber- barometer auf 0° umger. mm	Federbarometer		Innen- temperatur °
		Luftdruck abgelesen m m	auf 762,2 umger. mm	
10	762,2	760,6	760,6	— 8,5
12	761,4	760,2	761,0	+ 18,5
14	759,1	758,3	761,4	+ 46,0
16	758,0	756,7	760,9	+ 30,0
18	757,6	756,4	761,0	+ 21,5

Trägt man in einem rechtwinkligen Koordinatensystem die Temperaturen als Abszissen und die zugehörigen, auf 762,2 mm umgerechneten Ablesungen als Ordinaten an, so erhält man die fehlerzeigende Punkt-

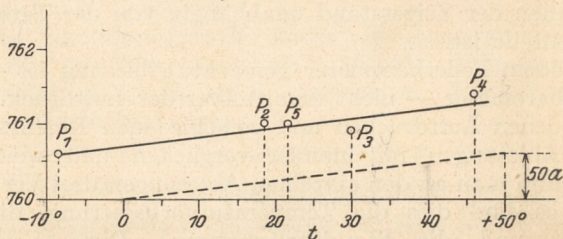


Abb. 61. Bestimmung des Temperaturkoeffizienten eines Federbarometers.

reihe P_1 bis P_5 (Abb. 61); zeichnet man für diese nach Gutdünken die plausibelste Gerade, so findet man mit dieser für $t = 50^\circ$ den Wert $at = 0,6$ mm, also $a = -0,01_2$.

Den Teilungskoeffizienten b und die Standverbesserung c ermittelt man in der Weise, daß man bei möglichst verschiedenen Luftdrücken die Ablesungen am Federbarometer mit den gleichzeitig gemachten und umgerechneten Ablesungen an einem Quecksilberbarometer oder einem Siedethermometer¹ vergleicht. Verschiedene Luftdrucke erhält man dadurch, daß man die Vergleichen über einen längeren Zeitabschnitt ausdehnt, oder daß man Vergleichen in verschiedenen Meereshöhen vornimmt.

Beispiel. Zur Bestimmung des Teilungskoeffizienten b und der Standverbesserung c für den Federbarometer mit dem Temperatur-

¹ Vgl. den folgenden Abschnitt 5 „Der Siedethermometer“.

koeffizienten $a = -0,01_2$ wurden an ihm und an einem Quecksilberbarometer je gleichzeitig in fünf Punkten mit verschiedenen Meereshöhen die folgenden Ablesungen gemacht:

Federbarometer Luftdruck A mm	Innen- temperatur t °	$A_t = A + at$ mm	Umgerechnete Ablesungen am Quecksilber- barometer A_r mm	$A_r - A_t$ mm	$A_t - C$ für $C = 700,0$ mm mm
723,5	18,3	723,3	725,5	2,2	+ 23,3
716,0	18,2	715,8	717,7	1,9	+ 15,8
705,4	18,1	705,2	706,9	1,7	+ 5,2
697,4	18,3	697,2	698,6	1,4	— 2,8
685,2	18,4	685,0	685,8	0,8	— 15,0

Schreibt man die oben angegebene Gleichung in der Form

$$A_r - A_t = b (A_t - C) + c$$

und betrachtet man die fünf zu $A_t - C$ und $A_r - A_t$ gehörigen Wertepaare als rechtwinklige Koordinaten, so erhält man fünf, eine fehlerzeigende Punktreihe bildende Punkte P_1 bis P_5 (Abb. 62); deren plausibelste Gerade ergibt $c = +1,4$ mm und für $c = 0$ und $A_t - C = 50$ den Wert $b (A_t - C) = 1,8$ mm, also $b = +0,03_6$.

Die Gleichung des den vorstehenden Untersuchungen zugrunde liegenden Federbarometers lautet somit

$$A_r = A - 0,01_2 t + 0,03_6 (A_t - C) + 1,4.$$

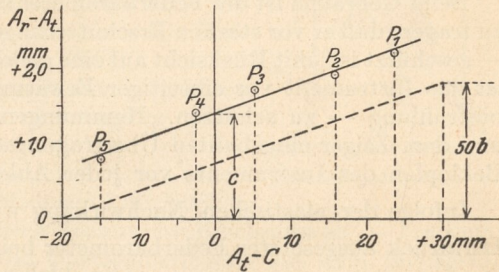


Abb. 62. Bestimmung des Teilungskoeffizienten und der Standverbesserung eines Federbarometers.

Für den praktischen Gebrauch schreibt man die Gleichung in der Form

$$A_r = A + v_1 + v_2$$

und bestimmt die an der Ablesung A anzubringenden Verbesserungen mit Hilfe von zwei graphischen Täfelchen; solche für das im vorstehen-

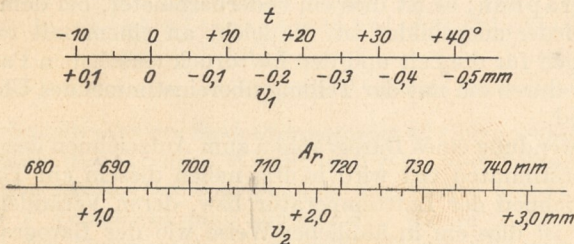


Abb. 63. Tafeln zur Bestimmung der Verbesserungen eines Federbarometers.

den benutzte Instrument zeigt die Abb. 63. Für z. B. $A = 708,7$ mm und $t = 15,3^\circ$ erhält man $A_r = 708,7 - 0,2 + 1,7 = 710,2$ mm.

Der Temperaturkoeffizient a ist — auch bei den als kompensiert

bezeichneten Instrumenten — mit der Zeit veränderlich und sollte in Abständen von mindestens zwei Jahren neu bestimmt werden. Da bei der am Thermometer des Federbarometers abzulesenden Innentemperatur t mit einer Unsicherheit von mindestens $\pm 1^\circ$ gerechnet werden muß, so sollte a — für den Fall, daß man den Luftdruck mit keinem größeren Fehler als $\pm 0,1$ mm bestimmen will — nicht größer sein als 0,14. Auch der Teilungskoeffizient b und die Standverbesserung c sind nicht unveränderlich und müssen deshalb im Abstand von etwa zwei Jahren neu bestimmt werden; besonders c kann infolge von starken Erschütterungen des Instruments große Veränderungen erfahren. Für gewisse Messungsverfahren braucht man b und c nicht zu kennen; a sollte stets bekannt sein. Bei den meisten, für Höhenmessungen bestimmten Federbarometern kann man die Standverbesserung c mit Hilfe einer am Boden des Instruments von außen sichtbaren Schraube verändern bzw. für einen bestimmten Luftdruck auf Null stellen; ein solcher Eingriff in das Instrument empfiehlt sich schon deshalb nicht, weil c einfach berücksichtigt werden kann.

Beim Gebrauch ist der Federbarometer so — am besten horizontal — zu tragen, daß er vor starken Erschütterungen — z. B. durch den Körper — geschützt ist; mit Rücksicht auf eine gleichbleibende Innentemperatur ist das Instrument vor einseitiger Erwärmung — z. B. durch Sonnenbestrahlung — zu schützen. Hemmungen in den zwischen der Dose und dem Zeiger eingebauten Übertragungsteilen werden durch leichtes Beklopfen des Instruments vor jeder Ablesung ausgelöst.

Infolge der elastischen Nachwirkung wird ein einem $\begin{cases} \text{abnehmenden} \\ \text{zunehmenden} \end{cases}$ Luftdruck ausgesetzter Federbarometer beim Übergang in einen gleichbleibenden Luftdruck zunächst noch $\begin{cases} \text{fallen} \\ \text{steigen} \end{cases}$ und erst nach einiger Zeit seinen richtigen Stand einnehmen; hierauf hat man bei der Ausführung von Messungen unter Umständen in der Weise Rücksicht zu nehmen, daß man vor jeder Ablesung genügend lange wartet.

Für manche Zwecke, z. B. zur Ausführung von fortlaufenden Beobachtungen an demselben Orte verwendet man mit Vorteil einen den Barometerstand bzw. die Luftdruckänderungen selbsttätig aufzeichnenden Barographen; es ist dies ein Federbarometer, bei dem der Zeiger als Schreibfeder ausgebildet ist, die leicht an einem mit entsprechenden Teilungen für die Zeit und den Luftdruck versehenen Papierstreifen anliegt, der durch ein mit der Teilung übereinstimmendes Uhrwerk fortbewegt wird.

Bei Verwendung eines Barographen zum Aufzeichnen des Luftdrucks in einem bestimmten Ort wird häufig neben diesem ein Thermograph zum Aufzeichnen der Lufttemperatur bzw. deren Veränderungen verwendet; es ist dies ein in ähnlicher Weise wie der Barograph wirkender Metallthermometer.

5. Der Siedethermometer.

Mit dem Siedethermometer wird die vom Luftdruck abhängige Siedetemperatur des Wassers bestimmt. Das Instrument besteht aus dem