

2. Instrumente zur Messung von Winkeln.

Bei der Ausführung von flüchtigen Aufnahmen hat man Horizontalwinkel oder horizontale Richtungen und Neigungswinkel¹ zu messen.

Das wichtigste Hilfsmittel zur Festlegung von horizontalen Richtungen und damit zum Messen von Horizontalwinkeln ist die Bussole in Gestalt einer Vollkreisbussole. Je nach der angestrebten Genauigkeit und der zur Verfügung stehenden Zeit verwendet man eine Stockbussole oder auch nur eine Freihandbussole.

Sollen gelegentlich Horizontalwinkel etwas genauer gemessen werden als dies mit der Bussole möglich ist, so kann man — wenn man nicht zum Theodolit greifen will — einen Freihandwinkelmesser z. B. in Gestalt eines Sextanten verwenden. Ein für viele Zwecke recht brauchbares Instrument ist der nach den Angaben von C. Pulfrich bei C. Zeiß gebaute Freihandwinkelmesser².

Zur Messung von Neigungswinkeln gibt es besondere, für freihändigen Gebrauch eingerichtete Neigungsmesser verschiedener Bauart. In seiner einfachsten Form besteht ein Neigungsmesser aus einer auf einer Metallplatte angegebenen Gradteilung T (Abb. 59) und einem in dem Teilungsmittelpunkt aufgehängten Pendel P . Mit der Teilung T ist eine — z. B. aus Schlitz und Faden bestehende — Zielvorrichtung AB derart verbunden, daß bei horizontaler Lage von AB die Marke M des Pendels auf den Nullpunkt der Teilung T weist. Die Teilung ist vom Nullpunkt aus nach links und rechts beziffert. Es gibt auch Neigungsmesser, bei denen an Stelle oder neben der Gradteilung eine Teilung vorhanden ist, an der man die Neigung in Prozenten der horizontalen Entfernung abliest.

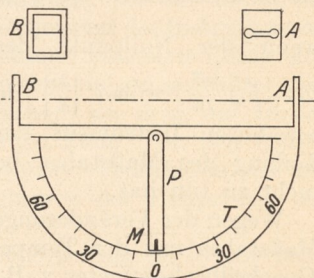


Abb. 59. Neigungsmesser.

3. Quecksilberbarometer.

Die Quecksilberbarometer kann man einteilen in Gefäßbarometer, Heberbarometer und Gefäßheberbarometer; ihrer Beförderungsmöglichkeit entsprechend teilt man sie auch ein in Stations- oder Standbarometer und Feld- oder Reisebarometer. Der Gefäßheberbarometer ist ein ausgesprochenes Stationsinstrument und kommt deshalb hier nicht in Frage; als Reisebarometer eignet sich der Gefäßbarometer, der dann mit einer besonderen Vorrichtung zum Abschließen des Quecksilbers während der Beförderung ausgestattet sein muß.

Einen bei Reisen verwendbaren Gefäßbarometer baut die Firma R. Fueß. Bei diesem Instrument ist das Gefäß G (Abb. 60) unten mit einer Schraube S_1 abgeschlossen; soll das Instrument befördert werden,

¹ Der Neigungswinkel einer nichthorizontalen Geraden ist der Winkel zwischen der Geraden und ihrer Horizontalprojektion.

² Vgl. Pulfrich, C.: Ein neuer Freihand-Winkelmesser. Z. Instrumentenkde 1919, 201.

so dreht man es um, entfernt die Schraube S_1 und setzt an ihre Stelle eine Schraube S_2 , durch welche die mit Quecksilber gefüllte Glasröhre abgeschlossen wird.

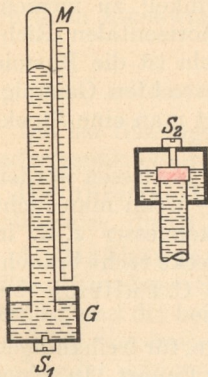


Abb. 60. Gefäßbarometer.

Die an einem Quecksilberbarometer gemachte Ablesung stellt nicht unmittelbar den Luftdruck vor; um diesen zu erhalten, muß man an der Ablesung verschiedene Verbesserungen anbringen, es sind dies die Gefäßverbesserung c_1 , die Temperaturverbesserung c_2 , die Verbesserung c_3 wegen der Kapillardepression, die aus zwei Teilen c_4 und c_5 bestehende Schwereverbesserung und die Standverbesserung c_6 .

Ist der Maßstab M (Abb. 60) mit dem Gefäß G fest verbunden, und fallen der Nullpunkt des Maßstabes und die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäß bei der Barometerablesung b_0 zusammen, so ist eine andere Ablesung b um c_1 zu $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{verkleinern} \\ \text{vergrößern} \end{smallmatrix} \right\}$, wenn der Nullpunkt des Maßstabes $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{eintaucht} \\ \text{absteht} \end{smallmatrix} \right\}$; dabei ist $c_1 = (b - b_0) \frac{d^2}{D^2}$, wobei $\left\{ \frac{D}{d} \right\}$ der Durchmesser $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{des Gefäßes} \\ \text{der Röhre} \end{smallmatrix} \right\}$ ist. Bei dem erwähnten Instrument von R. Fueß ist die Gefäßkorrektion in der Teilung des Maßstabes berücksichtigt, so daß man mit ihr nichts mehr zu tun hat.

Wegen der Veränderungen der Längen der Quecksilbersäule und des Maßstabes mit der Temperatur muß man die Ablesungen an einem Quecksilberbarometer z. B. auf 0° umrechnen; dies erfordert die Anbringung der Wärmeverbesserung¹ $c_2 = -b(\alpha - \beta)t$, wobei b der abgelesene Barometerstand, t die Temperatur von Quecksilber und Maßstab und $\left\{ \frac{\alpha}{\beta} \right\}$ der Wärmeausdehnungskoeffizient des $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{Quecksilbers} \\ \text{Maßstabes} \end{smallmatrix} \right\}$ ist.

Infolge der gegenseitigen Anziehung von Glas und Quecksilber entsteht die Kapillardepression; die Ablesungen am Barometer sind um c_3 zu klein. Der Wert von c_3 ist abhängig vom inneren Durchmesser des Rohres und von der Höhe der Quecksilberkuppe; c_3 kann besonders, durch Versuche bestimmten Tafeln² entnommen werden.

Die beiden Schwereverbesserungen c_4 und c_5 sind durch die Veränderlichkeit der Fallbeschleunigung mit der geographischen Breite φ und der Meereshöhe H bestimmt; es läßt sich zeigen, daß $c_4 = -b\beta \cos 2\varphi$ und $c_5 = -\frac{2bH}{r}$, wobei b der abgelesene Barometerstand, r der Erdradius und $\beta = 0,00265$ ist.

Die Standverbesserung c_6 ist bei jedem Instrument eine andere; sie muß durch Vergleichen mit einem Normalbarometer bei verschiedenen Barometerständen bestimmt werden.

¹ Eine Tafel für c_2 — bezogen auf einen Messingmaßstab — ist enthalten in dem Lehrbuch der praktischen Physik von F. Kohlrausch.

² Siehe Kohlrausch, F.: Lehrbuch der praktischen Physik.

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-