

größerung v des Fernrohrs abhängig ist. Je nach der Gestalt des anzuzielenden Gegenstandes, der Ruhe der Luft, der Beleuchtung und der Form der Zielmarke ist $\mu = \pm \frac{3''}{\sqrt{v}}$ bis $\pm \frac{10''}{\sqrt{v}}$.

Die Vergrößerung eines Fernrohrs kann man dadurch bestimmen, daß man das Fernrohr gegen eine gleichmäßige Teilung richtet und das mit dem einen Auge durch das Fernrohr betrachtete vergrößerte Bild eines Teils der Teilung mit der mit dem anderen Auge unmittelbar gesehenen Teilung vergleicht.

2. Die Libelle.

Das wichtigste Hilfsmittel zum Horizontallegen oder Vertikalstellen von Geraden und Ebenen ist die Libelle, die in zwei, als Röhrenlibelle und Dosenlibelle bezeichneten Formen vorkommt.

a) Die **Röhrenlibelle** ist eine für gröbere Zwecke gebogene und für feinere Zwecke im Innern nach einem Kreisbogen tonnenförmig ausgeschliffene zylindrische Glasröhre (Abb. 6), die zum Schutze gegen Beschädigungen und für die Befestigung an einem Instrument in Metall gefaßt ist. Die an ihren Enden meist zugeschmolzene Röhre ist bis auf die wenige Zentimeter lange Libellenblase mit einer leichtbeweglichen Flüssigkeit (Alkohol oder Äther) gefüllt. Um den Stand der Libellenblase beobachten oder feststellen zu können, ist die Glasröhre auf ihrer

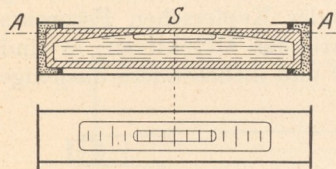


Abb. 6. Röhrenlibelle.

Außenseite mit einer Teilung versehen, deren Striche entweder 2,26 mm (eine Pariser Linie) oder 2 mm oder auch 2,5 mm voneinander entfernt sind; der Mittelpunkt dieser Teilung ist der Spielpunkt S der Libelle. Die Libelle „spielt ein“, wenn der Mittelpunkt der Blase mit dem Spielpunkt zusammenfällt; ist dies nicht der Fall, so „schlägt die Libelle aus“.

Die Tangente A im Spielpunkt S an den Ausschleifungsbogen heißt die Achse der Libelle; sie liegt bei einspielender Libelle horizontal. Der Winkel, um den man eine Libelle neigen muß, damit ein Blasenende um einen Teil der Teilung weiterbewegt wird, heißt die Empfindlichkeit oder die Angabe der Libelle. Die Empfindlichkeit der bei topographischen Instrumenten benutzten Libellen liegt zwischen 10 und 60 Sekunden.

Bei der Doppel- oder Wendelibelle (Abb. 7) ist die Glasröhre an zwei, einander gegenüberliegenden Stellen ausgeschliffen; die durch die beiden Teilungsmittelpunkte bestimmten Spielpunkte S_1 und S_2 werden so angebracht, daß die beiden Libellenachsen A_1 und A_2 parallel sind.

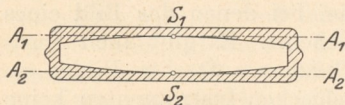


Abb. 7. Doppel- oder Wendelibelle.

Bei einer von H. Wild eingeführten Vorrichtung befindet sich über der Libelle ein Prismensystem, das eine Beobachtung der Libellenblase in der Längsrichtung der Libelle ge-

stattet. In dem Gesichtsfeld dieser Vorrichtung erscheint die Blase ihrer Länge nach geschnitten; schlägt die Libelle aus, so haben die beiden Blasenteile die in der Abb. 8a angegebene Stellung, spielt sie ein, so fallen wie in der Abb. 8b die Enden der beiden Blasenteile zusammen.

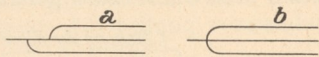


Abb. 8. Libellenblase bei Beobachtung in ihrer Längsrichtung.

Eine Libelle kann entweder fest oder abnehmbar mit einem Instrument verbunden sein. Abnehmbare oder lose Libellen sind die Reitlibelle zum Aufsetzen auf eine Achse und die Tischlibelle zum Aufsetzen auf eine Ebene.

Soll mit einer Röhrenlibelle eine Gerade horizontal gelegt oder vertikal gestellt werden, so muß man an die Libelle die Anforderung stellen, daß ihre Achse parallel bzw. senkrecht zu der betreffenden Geraden ist. Die Untersuchung, ob diese Anforderung erfüllt ist, geschieht dadurch, daß man die Libelle — bei Tischlibellen mit Hilfe einer auf die Unterlage wirkenden Schraube, bei fest oder lose mit einem Instrument verbundenen Libellen mit Benutzung der Fußschrauben des Instruments — zum Einspielen bringt und dann ihre beiden Enden — bei Tisch- und Reitlibellen durch Umsetzen und bei einer mit einem Instrument verbundenen Libelle durch Drehen des betreffenden Instrumententeiles — vertauscht; zeigt die Libelle hierauf einen Ausschlag, so entspricht dieser dem doppelten Fehler der Libelle und wird deshalb zur Hälfte mit den zum Einspielen der Libelle benutzten Schrauben und zur Hälfte mit der für diesen Zweck vorhandenen Berichtigungsvorrichtung der Libelle beseitigt.

Die Berichtigung einer Libelle setzt voraus, daß die Libelle und damit die Libellenachse um kleinere Beträge um eine horizontale, quer zur Libelle liegende Gerade G (Abb. 9) geneigt werden kann. Die hierzu erforderliche Vorrichtung besteht im einfachsten Fall aus einer Zugschraube Z mit einer ihr entgegenwirkenden Spiralfeder S . Die Berichtigungsvorrichtung besteht auch aus zwei, auf das eine Libellenende wirkenden Druckschrauben D_1 und D_2 (Abb. 10a) oder aus einer Zugschraube Z in Verbindung mit zwei Druckschrauben D_1 und D_2 (Abb. 10b).

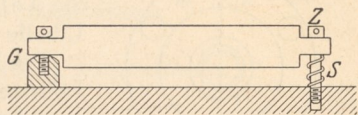


Abb. 9. Berichtigungsvorrichtung einer Röhrenlibelle.

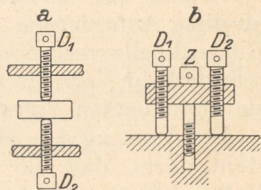


Abb. 10. Berichtigungsvorrichtungen für Röhrenlibellen.

Hat man eine Ebene — z. B. diejenige einer Meßtischplatte — mit Hilfe einer Röhrenlibelle in Gestalt einer Tischlibelle horizontal zu legen, so muß man zwei, ungefähr senkrecht zueinander liegende Geraden der Ebene horizontal legen. Soll eine Gerade — z. B. die Umdrehungsachse eines Instruments — mit Hilfe einer mit ihr fest verbundenen Röhrenlibelle vertikal gestellt werden, so muß man sie in zwei, ungefähr senkrecht zueinander stehenden Richtungen vertikal stellen.

Die Bestimmung der Empfindlichkeit oder Angabe einer Libelle, deren ungefähre Kenntnis für manche Zwecke erwünscht ist, kann man dann rasch genähert vornehmen, wenn die Libelle mit einem

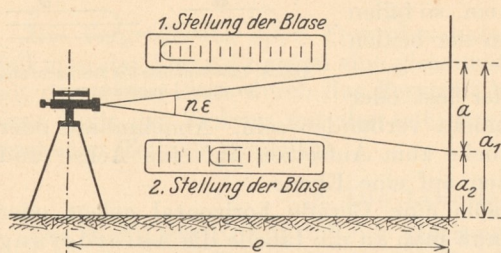


Abb. 11. Bestimmung der Angabe einer Röhrenlibelle.

Fernrohr (Abb. 11) verbunden ist. Man stellt dabei das eine Blasenende auf einen Strich der Libellentheilung ein und macht an einem in der Entfernung e aufgestellten Maßstab mit dem Horizontalfaden des Fernrohrs die Ablesung a_1 ; hierauf bewegt man dasselbe Blasenende um n z. B. gleich fünf oder zehn Teile vorwärts und macht die neue Ablesung a_2 an dem Maßstab. Ist $a_1 - a_2 = a$, so erhält man die Libellenangabe ε aus $\varepsilon = \frac{1}{n} \frac{a}{e} \varrho$, wobei $\varrho = \frac{180^\circ}{\pi}$ ist.

b) Die Dosenlibelle ist ein in Metall gefaßtes, zylinderförmiges Glasgefäß (Abb. 12), dessen Glasdeckel im Innern kugelförmig ausgeschliffen ist. Das Gefäß ist bis auf die kreisförmige Libellenblase mit einer leicht-

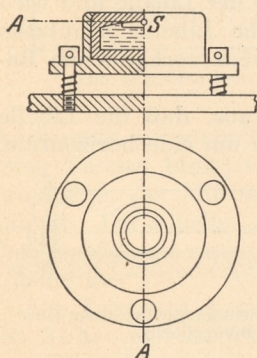


Abb. 12. Dosenlibelle.

beweglichen Flüssigkeit gefüllt; sein Boden ist zugeschmolzen. Zur Beobachtung des Libellenstandes ist auf der Außenseite des Deckels ein Kreis angegeben, dessen Mittelpunkt der Spielpunkt S der Libelle ist. Die Tangentialebene A im Spielpunkt S an die Ausschleifungskugel heißt die Achse der Libelle; sie liegt bei einspielender Libelle horizontal.

Die Dosenlibelle ist entweder fest mit einem Instrument verbunden oder als Tischlibelle ausgebildet.

Soll mit einer Dosenlibelle eine Ebene horizontal gelegt oder eine Gerade vertikal gestellt werden, so muß man an die Libelle die Anforderung stellen, daß ihre Achse parallel zu der Ebene bzw. senkrecht zu der Geraden ist. Die Untersuchung, ob diese Anforderung erfüllt ist, wird in ähnlicher Weise wie bei der Röhrenlibelle vorgenommen. Die für eine Berichtigung einer Libelle erforderliche Vorrichtung besteht z. B. aus drei Zugschrauben mit drei sie umhüllenden Spiralfedern.

Der Vorzug der Dosenlibelle im Vergleich zur Röhrenlibelle besteht darin, daß die Horizontallegung einer Ebene — Ebene einer Meßtischplatte — und die Vertikalstellung einer Geraden — Um-drehungsachse eines Instruments — mit Hilfe einer Dosenlibelle in einer Lage oder Stellung der Libelle ausgeführt werden kann. Die Dosenlibelle kommt wegen ihrer geringen Empfindlichkeit von 1—5 Minuten zunächst für weniger genaue Einstellungen in Frage; dabei leistet

sie aber wertvolle Dienste. Instrumente, die öfters neu aufgestellt werden müssen, sollten außer der Röhrenlibelle eine Dosenlibelle haben; die rohe und die genäherte Aufstellung des Instruments erfolgen dann mit Benutzung der Dosenlibelle, für die feinere Aufstellung verwendet man die Röhrenlibelle.

3. Vorrichtungen zum Ablesen an Teilungen.

Die genaue Ablesung an feinen Teilungen erfordert besondere Vorrichtungen. Die wichtigsten Ablesevorrichtungen sind der Nonius und das Ablesemikroskop. Jede Ablesevorrichtung ist mit einer Nullmarke versehen, durch deren Lage zur Teilung die jeweilige Ablesung bestimmt ist; die Aufgabe der Ablesevorrichtung besteht darin, den Abstand d der Nullmarke vom vorhergehenden Strich der Teilung zu bestimmen.

a) Der **Nonius** (Abb. 13) ist eine mit der Nullmarke beginnende, in der Richtung der Teilung gehende, in n Teile geteilte Hilfsteilung, deren Länge mit $(n - 1)$ Teilen der Hauptteilung übereinstimmt. Ist $\left\{ \begin{smallmatrix} T \\ N \end{smallmatrix} \right\}$ der Wert — bei einer Kreisteilung des Winkels — zwischen zwei aufeinanderfolgenden Strichen der $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{Hauptteilung} \\ \text{Noniusteilung} \end{smallmatrix} \right\}$, so ist $nN = (n - 1)T$

also $T - N = \frac{T}{n}$. Der Unterschied $a = T - N$ heißt die Angabe

des Nonius. Fällt ein

Noniusstrich mit irgend-

einem Strich der Hauptteil-

lung zusammen (Abb. 13),

so ist der Unterschied zwi-

schen den beiden nächsten

Strichen von Nonius und

Teilung gleich a , zwischen

den beiden übernächsten gleich $2a$ usw.; die Noniusstriche sind des-

halb von der Nullmarke aus nach Vielfachen von a beziffert, so

daß die an einem Noniusstrich angeschriebene Zahl bei seinem Zu-

sammenfallen mit einem Teilungsstrich den Wert des Abstandes d

zwischen der Nullmarke und dem dieser vorhergehenden Teilungsstrich

vorstellt.

Jede Ablesung mit einem Nonius zerfällt insofern in zwei Teile

als man zuerst die dem letzten Teilungsstrich vor der Noniusnullmarke

zukommende Ablesung und sodann den Abstand d dieser beiden Striche

bestimmen muß. Den Abstand d bestimmt man durch Aufsuchen des-

jenigen Noniusstriches, der mit irgendeinem Strich der Teilung zu-

sammenfällt.

Bei dem in den Abb. 14 angegebenen Beispiel einer Kreisteilung

ist $T = 20'$ und $n = 20$; die Angabe a des Nonius ist demnach $a = \frac{T}{n}$

$= \frac{20'}{20} = 1'$, d. h. man kann mit ihm auf 1 Minute genau ablesen. Die

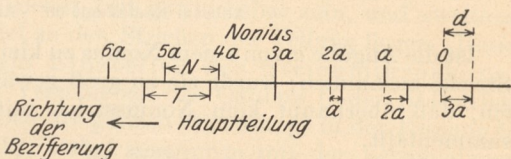


Abb. 13. Noniusbezeichnung.