

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 Haupttei-

lung zusammen (Abb. 13),
so ist der Unterschied Δ

so ist der Unterschied zwischen den beiden nächsten

Strichen von Nonius und

Strichen von Nodus und
Teilung gleich a , zwischen

den beiden übernächsten

halb von der Nullmarke

daß die an einem Noniu

sammenfallen mit einem

zwischen der Nullmarke und
hergestellt.

vorstellt.

Jede Ablesung mit e
als man zuerst die dem le

als man zuerst die dem le
zukommende Ablesung un

bestimmen muß. Den Ab

jenigen Noniusstriches, d

sammenfällt.

Bei dem in den Abb.

ist $T = 20'$ und $n = 20$:

20'

$$= \frac{20}{20} = 1', \text{ d. h. man ka}$$

Diagram illustrating the vernier scale principle. The main scale (Hauptteilung) has markings at $0, a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a$. The vernier scale (Nonius) has markings at $0, N, 2N, 3N, 4N, 5N, 6N$. The distance between two main scale markings is a . The distance between two vernier scale markings is N . The vernier scale is shifted such that its 0 mark is at a distance d from the main scale's 0 mark. The diagram shows how the vernier scale can measure fractions of the main scale's smallest division a .

Abb. 13. Noniusbezeichnung.

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 desjenigen Noniusstriches, der mit irgendeinem Strich der Teilung zusammenfällt.

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

der Nullmarke M des Nonius entsprechende Ablesung ist $58^\circ 20' + d$, wobei $d = 7'$ ist, so daß also die Ablesung $58^\circ 27'$ beträgt.

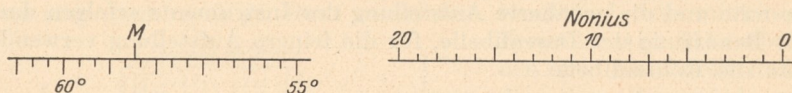


Abb. 14. Nonius mit 1'-Angabe.

In dem Beispiel der Abb. 15 ist $T = 30'$ und $n = 30$, also $a = \frac{T}{n} = 1'$. Die der Zeichnung entsprechende Ablesung ist $33^\circ 30' + d = 33^\circ 30' + 22' = 33^\circ 52'$.

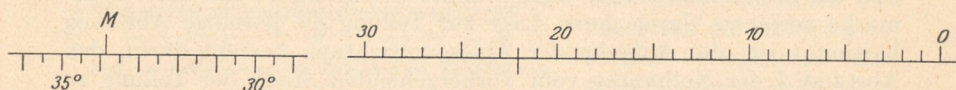


Abb. 15. Nonius mit 1'-Angabe.

Für das in den Abb. 16 angedeutete Beispiel ist $T = 20'$ und $n = 2 \times 20 = 40$, also $a = \frac{T}{n} = \frac{20 \times 60}{40} = 30''$, d. h. man kann mit dem Nonius auf 30 Sekunden genau ablesen. Die Ablesung ist $18^\circ 40' + d = 18^\circ 40' + 12' 30'' = 18^\circ 52' 30''$.

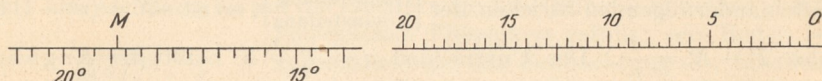


Abb. 16. Nonius mit 30''-Angabe.

Ist die Angabe a von einem Nonius zu klein gewählt, so fallen mehrere Striche zusammen; wurde sie zu groß gewählt, so tritt häufig der Fall ein, daß überhaupt kein Noniusstrich mit einem Teilungsstrich zusammenfällt.

Mit Rücksicht darauf, daß die Ebene der Teilung und diejenige des Nonius nie vollständig genau zusammenfallen, empfiehlt es sich, auch die gegenseitige Stellung der links und rechts von dem mit einem Teilungsstrich zusammenfallenden Noniusstrich liegenden Nonius- bzw. Teilungsstriche zu vergleichen; mit Rücksicht hierauf ist der Nonius mit „Überstrichen“ vor der Nullmarke versehen. Erfordert die Ablesung mit einem Nonius eine Lupe, so stellt man diese so ein, daß der für die Ablesung in Frage kommende Noniusstrich in der Mitte des Gesichtsfeldes steht.

b) Beim **Ablesemikroskop** kann man verschiedene Arten unterscheiden; es sind dies das Strichmikroskop, das Skalamikroskop, das Noniusmikroskop, das Planglasmikroskop und das Schraubenmikroskop. Der Abstand d der mit dem Mikroskop fest verbundenen Nullmarke von dem letzten Strich der Teilung wird bei dem Strichmikroskop geschätzt, beim Skalamikroskop mit einer besonderen Teilung gemessen, beim Noniusmikroskop mit einem Nonius bestimmt, beim Planglasmikroskop mit einer Schraube in Verbindung mit einer planparallelen Glasplatte ermittelt und beim Schraubenmikroskop mit einer Schraube in Verbindung mit einem beweglichen Faden gemessen. An Instru-

menten für topographische Zwecke kommen vor das Strichmikroskop, das Skalamikroskop und vielleicht noch das Noniusmikroskop.

Die Ablesemikroskope haben eine starke Vergrößerung und deshalb ein kleines Gesichtsfeld; die Bezifferung der Teilung muß daher z. B. bei Kreisteilungen so weit gehen, daß jeder einzelne Gradstrich beziffert ist.

α) Das Strichmikroskop (Abb. 17) besteht aus der das Objektiv *A* haltenden Röhre *B* und dem in *B* verschiebbaren Okular *C*. In der Röhre *B* befindet sich eine Platte *D* mit dem Ablesestrich in Gestalt eines Spinnfadens oder einer Geraden auf einem Glasplättchen; die Strichplatte *D* kann meist mit Hilfe von zwei, gegeneinander wirkenden Druckschrauben *E*₁ und *E*₂ um kleine Beträge in der Richtung der Teilung *F* verschoben werden. Das Mikroskop wird in einer besonderen Röhre *G* derart gehalten, daß der Abstand zwischen Teilung *F* und Objektiv *A* durch Verschieben des Mikroskops verändert und das Mikroskop außerdem gedreht werden kann.

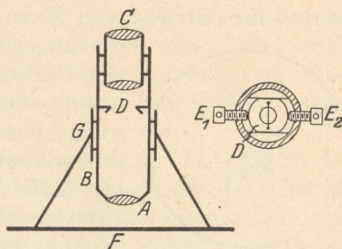


Abb. 17. Strichmikroskop.

An das Strichmikroskop werden zwei Anforderungen gestellt; es müssen nämlich erstens der Ablesestrich auf der Platte *D* und die Striche der Teilung *F* zu gleicher Zeit gut sichtbar sein, und zweitens muß der Ablesestrich parallel zu den Strichen der Teilung liegen. Diese Anforderungen verlangen ein Einstellen des Strichmikroskops; dabei wird zunächst durch Verschieben des Okulars *C* der Ablesestrich und sodann durch Verschieben des ganzen Mikroskops in der Fassung *G* die Teilung scharf eingestellt, wobei zusammen mit der Verschiebung des Mikroskops dieses so gedreht wird, daß der Ablesestrich parallel zu den Strichen der Teilung liegt. Wurde von einem Beobachter ein Strichmikroskop richtig eingestellt, so daß er die Bilder des Ablesestriches und der Teilung zu gleicher Zeit scharf, also parallaxenfrei sieht, und soll das Mikroskop von einem anderen Beobachter mit einer anderen deutlichen Sehweite benutzt werden, so hat dieser nur das Okular *C* entsprechend zu verschieben.

Wird ein Strichmikroskop zum Ablesen an einer Kreisteilung benutzt, so wird diese meist in der Weise ausgeführt, daß ihre Striche einen Abstand von 10 Minuten haben; mit dem Ablesestrich des Mikroskops können dann noch einzelne Minuten geschätzt werden. Für eine solche Kreisteilung — mit Einteilung des rechten Winkels in 90 Grade¹ — ist das Gesichtsfeld eines Strichmikroskops in der Abb. 18 angegeben; die Ablesung beträgt dabei 63° 27'.

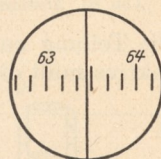


Abb. 18. Gesichtsfeld von einem Strichmikroskop.

¹ Wenn im folgenden nichts bemerkt ist, so wird stillschweigend immer die Sexagesimalteilung oder alte Teilung mit 1 Rechten = 90°, 1° = 60' und 1' = 60'' vorausgesetzt.

β) Das Skalamikroskop hat an Stelle des einfachen Striches beim Strichmikroskop eine auf einem Glasplättchen angegebene Skala; diese ist meist derart ausgeführt, daß — im Mikroskop gesehen — zehn Teile der Skala mit einem Teil der Teilung übereinstimmen, so daß man unmittelbar auf $\frac{1}{10}$ und durch Schätzung auf $\frac{1}{100}$ eines Teils der Hauptteilung ablesen kann. Wird ein Skalamikroskop zur Ablesung an einer Kreisteilung verwendet, so hat diese meist eine Einteilung in $\frac{1}{3}$ Grade,

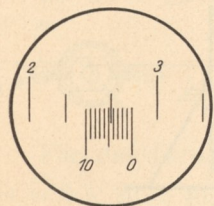


Abb. 19. Gesichtsfeld von einem Skalamikroskop.

der angegebenen Art kann man dann unmittelbar auf 2 Minuten und durch Schätzung auf 0,2 Minuten oder 12 Sekunden genau ablesen. Für eine solche Kreisteilung ist das Gesichtsfeld eines Skalamikroskops in der Abb. 19 angegeben; die Ablesung mit Hilfe der der Hauptteilung entgegengesetzt bezifferten Skala ergibt bei dem gezeichneten Beispiel $2^\circ 40' + 4,5$ Teile oder $2^\circ 40' + 9',0$ oder $2^\circ 49' 00''$.

Das Skalamikroskop muß man nicht nur wie das Strichmikroskop einstellen, sondern auch noch abstimmen. Ein Skalamikroskop ist abgestimmt, wenn — im Mikroskop gesehen — die Länge S der Skala genau übereinstimmt mit dem Abstand T zweier Striche der Teilung (Abb. 20a).

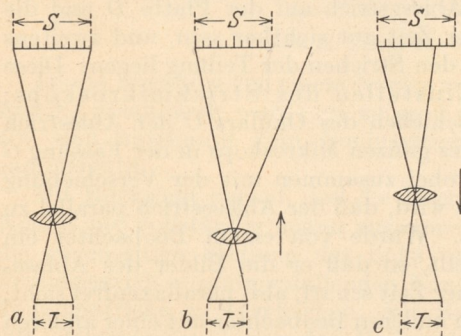


Abb. 20. Abstimmen von einem Skalamikroskop.

Die Untersuchung, ob ein zuvor eingestelltes Mikroskop abgestimmt ist, geschieht dadurch, daß man die Nullmarke oder den Nullstrich der Skala auf einen Strich der Teilung einstellt; erscheint dann S kleiner als T (Abb. 20b), so muß man das Objektiv gegen die Skala zu verschieben, erscheint S größer als T (Abb. 20c), so muß man das Objektiv gegen

die Teilung zu verschieben. Nach einer solchen Verschiebung des Objekts muß die Teilung erneut eingestellt werden, worauf der Vorgang wiederholt wird. Das Einstellen und Abstimmen des Skalamikroskops erfordert die in der Abb. 21 angedeutete Einrichtung, bei der — im Gegenteil zum Strichmikroskop — auch das Objektiv für sich zum Verschieben eingerichtet ist.

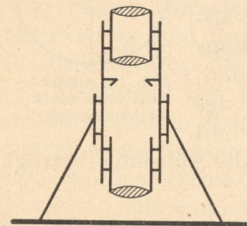


Abb. 21. Skalamikroskop.

γ) Das Noniusmikroskop unterscheidet sich vom Skalamikroskop dadurch, daß an Stelle der Skala ein der Teilung entsprechender Nonius im Gesichtsfeld erscheint. Das Noniusmikroskop muß ebenfalls eingestellt und abgestimmt werden.