

Einleitung.

Die Aufgabe der Topographie besteht in der Herstellung von Karten, in denen sowohl der Grundriß als auch die Geländeformen des in Frage kommenden Gebietes dargestellt sind. Zur Anfertigung einer solchen Karte müssen mit Benutzung von gewissen Instrumenten durch Anwendung von bestimmten Messungsverfahren Aufnahmen im Gelände ausgeführt werden; um deren Ergebnisse in Form einer Karte vervielfältigen zu können, müssen sie zuerst kartographisch bearbeitet werden. Dementsprechend werden im folgenden zunächst die topographischen Instrumente, dann die topographischen Meßverfahren und im Anschluß daran die Ausführung von topographischen Aufnahmen behandelt; zuletzt werden die kartographische Bearbeitung der Aufnahmen und ihre Vervielfältigung besprochen.

I. Die topographischen Instrumente.

Die für topographische Aufnahmen in Frage kommenden Instrumente sind der Tachymetertheodolit, der Meßtisch mit der Kippregel und die photogrammetrischen Instrumente, bei denen man zwischen Aufnahmeinstrumenten und Auswertungsinstrumenten zu unterscheiden hat. Der Besprechung dieser Instrumente vorausgehend werden im folgenden zunächst die wichtigsten Einzelteile der Instrumente behandelt.

Außer den genannten Instrumenten verwendet der Topograph gelegentlich auch Instrumente für flüchtige Aufnahmen; von ihnen wird am Schluß dieses Abschnitts die Rede sein.

A. Einzelteile der topographischen Instrumente.

Die im folgenden zu besprechenden einzelnen Teile der Instrumente sind das Zielfernrohr, die Libelle und die Vorrichtungen zum Ablesen an Teilungen; im Anschluß an diese werden die Hilfsmittel zur mittelbaren Streckenmessung und die Bussole behandelt.

1. Das Zielfernrohr.

Das Zielen mit einem Fernrohr erfordert eine als Zielachse bezeichnete feste Gerade; diese ist bestimmt durch eine in dem Fernrohr angebrachte Zielmarke. Als Zielmarke verwendet man im einfachsten Fall den Schnittpunkt von zwei, senkrecht zueinander stehenden Spinnfäden oder auf einem dünnen Glasplättchen angegebenen Geraden; das durch diese gebildete, aus dem „Horizontalfaden“ und dem „Vertikalfaden“ bestehende Fadenkreuz wird auf einer zugleich als Blende

zum Abhalten von Randstrahlen dienenden Platte befestigt. Die Fadenzkreuzplatte ist in dem Fernrohr z. B. mit Hilfe von zwei Paar Druckschrauben (Abb. 1) derart angebracht, daß sie in der Richtung der Schrauben um kleine Beträge verschoben werden kann. Damit den beiden Fäden eine bestimmte — horizontale bzw. vertikale — Stellung gegeben werden kann, ist die Fadenzkreuzplatte zusammen mit den sie haltenden Schrauben drehbar angeordnet.

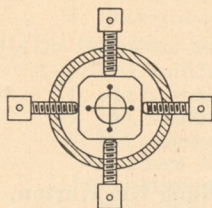


Abb. 1. Befestigung der Fadenzkreuzplatte im Fernrohr.

Bei dem aus der Objektivlinse L_1 mit großer Brennweite und der Okularlinse L_2 mit kleinerer Brennweite bestehenden einfachen oder Kepler'schen Fernrohr (Abb. 2) wird von dem zu betrachtenden Gegenstand AB durch das Objektiv ein verkleinertes und umgekehrtes Bild $A'B'$ entworfen, das durch das als Lupe wirkende Okular betrachtet wird. Da der Abstand a der beiden Linsen L_1 und L_2 oder die Länge des Fernrohrs von der Entfernung e des Gegen-

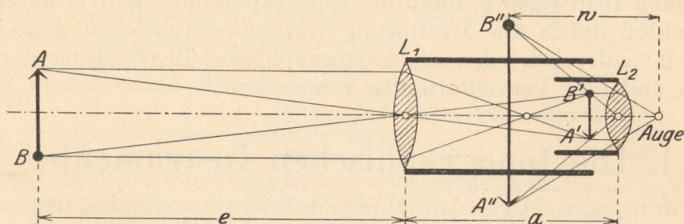


Abb. 2. Wirkungsweise des einfachen Fernrohrs.

standes abhängig ist, so werden L_1 und L_2 in zwei verschiedenen Röhren befestigt, von denen die engere Okularröhre in der weiteren verschoben werden kann.

Damit der Gegenstand AB mit dem Fadenzkreuz einwandfrei angezielt oder dieses mit dem Gegenstand zur Deckung gebracht werden kann, ist es notwendig, daß das Fadenzkreuz in derselben Ebene mit $A'B'$ liegt; dies ist der Fall, wenn das vom Fadenzkreuz durch das Okular L_2 gesehene Bild ebenso wie das von $A'B'$ durch L_2 gesehene Bild $A''B''$ in der dem Beobachter eigentümlichen deutlichen Sehweite w liegt. Ist dies nicht der Fall, so besteht ein Zustand, der als Parallaxe bezeichnet wird. Keine Parallaxe ist vorhanden, wenn man das Fadenzkreuz und den Gegenstand zu gleicher Zeit im Fernrohr gut sieht.

Da die deutliche Sehweite w und damit die Entfernung zwischen der Okularlinse L_2 und dem Fadenzkreuz F für verschiedene Beobachter verschieden sind, so muß die Entfernung zwischen L_2 und F um kleine Beträge verändert werden können; für diesen Zweck ist entweder das Fadenzkreuz F (Abb. 3a) oder besser die Okularlinse L_2 (Abb. 3b) zum Verschieben eingerichtet. Das durch das Okular gesehene Bild des Fadenzkreuzes bringt man vor Benutzung des Fernrohrs zu Zielungen dadurch in deutliche Sehweite, daß man das Fernrohr — bei beliebigem Abstand zwischen Objektiv und Okular — gegen einen hellen Hinter-

grund richtet und dann die Entfernung zwischen Okular und Fadenkreuz solange verändert, bis das letztere in scharfen schwarzen Strichen erscheint.

Das scharfe Einstellen eines Gegenstandes mit dem Fernrohr geschieht durch entsprechende Veränderung des Abstandes zwischen dem Objektiv und der das Fadenkreuz und die Okularlinse enthaltenden

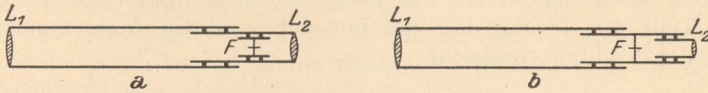


Abb. 3. Anordnungen zum Einstellen des Fadenkreuzes.

Okularröhre. Wurde ein Punkt mit einem der beiden Fäden des Fadenkreuzes angezielt, und bewegt man dann das Auge vor dem Okular, so dürfen die Bilder von Fadenkreuz und Punkt sich gegenseitig nicht verschieben; findet eine Verschiebung der beiden Bilder statt, so ist entweder der Punkt oder das Fadenkreuz nicht scharf eingestellt.

Mit Rücksicht auf die sphärische und chromatische Abweichung verwendet man an Stelle des einfachen oder Keplerschen Fernrohrs zusammengesetzte Fernrohre mit achromatischen Objektiven; es sind dies das Fernrohr von Huygens (Abb. 4a) und insbesondere dasjenige

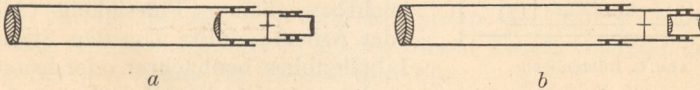


Abb. 4. a) Fernrohr nach Huygens, b) Fernrohr nach Ramsden.

von Ramsden (Abb. 4b). Neuerdings wird vielfach ein Fernrohr mit unveränderlichem Abstand zwischen Objektiv und Fadenkreuz (Abb. 5) verwendet, bei dem die Scharfeinstellung des betrachteten Gegenstandes durch Verschieben einer zwischen dem Objektiv und dem Fadenkreuz angeordneten Linse erfolgt; zur Scharfeinstellung des Fadenkreuzes ist die Entfernung zwischen diesem und dem aus zwei Linsen bestehenden Okular veränderlich. Dieses Fernrohr mit innerer Einstelllinse hat im Vergleich zu dem seither viel benutzten Ramsdenschen Fernrohr insbesondere den Vorzug, daß das Innere des Fernrohrs besser gegen Staub und Feuchtigkeit abgeschlossen ist. Das oben beim einfachen Fernrohr in bezug auf das Einstellen von Fadenkreuz und Gegenstand Gesagte gilt auch für die zusammengesetzten Fernrohre.



Abb. 5. Fernrohr mit innerer Einstelllinse.

Die besprochenen Fernrohre sind solche, bei denen das Bild eines betrachteten Gegenstandes umgekehrt erscheint. Es gibt auch Fernrohre, die infolge eines vorgeschalteten Prismas aufrechte Bilder ergeben; diese Fernrohre finden bei topographischen Instrumenten keine Anwendung.

Die Genauigkeit des Zielens mit einem Zielfernrohr wird mit Hilfe des mittleren Zielfehlers μ angegeben, der insbesondere von der Ver-

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

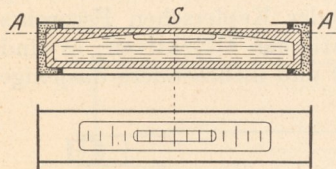


Abb. 6. Röhrenlibelle.

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.

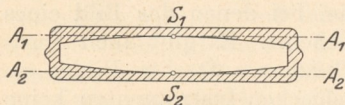


Abb. 7. Doppel- oder Wendelibelle.

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.

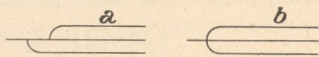


Abb. 8. Libellenblase bei Beobachtung in ihrer Längsrichtung.

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).

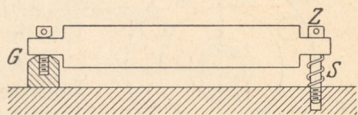


Abb. 9. Berichtigungsvorrichtung einer Röhrenlibelle.

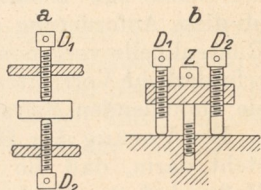


Abb. 10. Berichtigungsvorrichtungen für Röhrenlibellen.

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

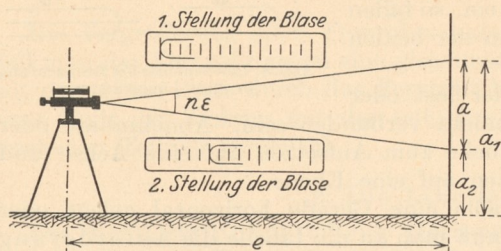


Abb. 11. Bestimmung der Angabe einer Röhrenlibelle.

Fernrohr (Abb. 11) verbunden ist. Man stellt dabei das eine Blasenende auf einen Strich der Libellenteilung 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-

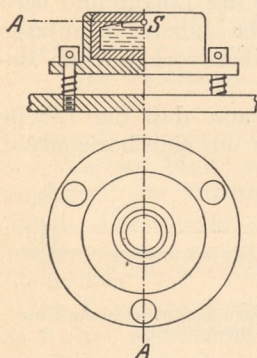


Abb. 12. Dosenlibelle.

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 — Umkehrungsachse 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

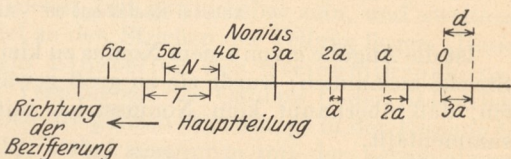


Abb. 13. Noniusbezeichnung.

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.

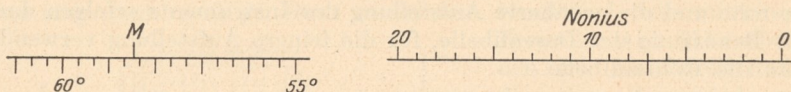


Abb. 14. Nonius mit 1'-Angabe.

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

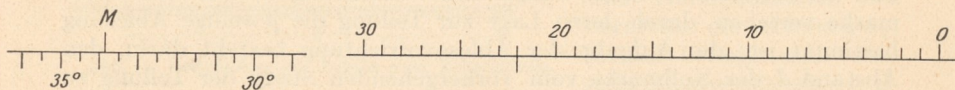


Abb. 15. Nonius mit 1'-Angabe.

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 $18^\circ 40' + d = 18^\circ 40' + 12' 30'' = 18^\circ 52' 30''$.

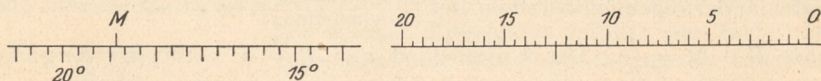


Abb. 16. Nonius mit 30''-Angabe.

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.

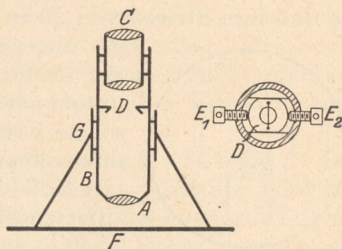


Abb. 17. Strichmikroskop.

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'.

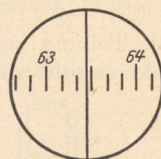


Abb. 18. Gesichtsfeld von einem Strichmikroskop.

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,

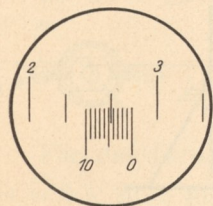


Abb. 19. Gesichtsfeld von einem Skalamikroskop.

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). 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

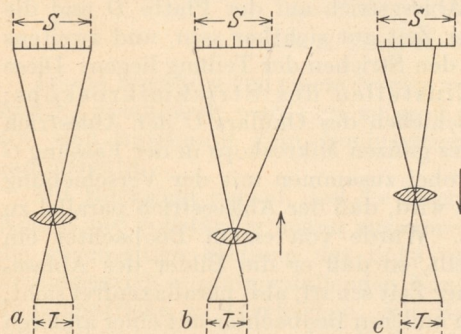


Abb. 20. Abstimmen von einem Skalamikroskop.

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.

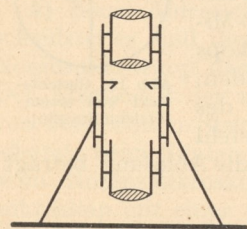


Abb. 21. Skalamikroskop.

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.

4. Vorrichtungen zur mittelbaren Streckenmessung.

Für die unmittelbare Messung von Strecken verwendet man im einfachsten Falle ein Meßband oder Meßplatten. Bei topographischen Aufnahmen tritt an die Stelle der unmittelbaren Streckenmessung die mittelbare Streckenmessung. Der Grundgedanke der mittelbaren Streckenmessung besteht darin, daß man die gesuchte Strecke s mit Hilfe eines Dreiecks mit einem kleinen Winkel ε ermittelt, von dem man eine Seite — die Grundstrecke oder Basis b — und die erforderlichen Winkel kennen bzw. bestimmen muß. Der der Grundstrecke gegenüberliegende kleine Winkel ε heißt mikrometrischer oder auch parallaktischer Winkel. Die Instrumente zur mittelbaren oder optischen Streckenmessung heißen Entfernungsmesser oder Distanzmesser oder Telemeter.

Man kann die Entfernungsmesser verschiedenfach einteilen. Da die Grundstrecke entweder im Standpunkt des Instruments oder im Zielpunkt liegen kann, und der mikrometrische Winkel umgekehrt dann im Zielpunkt bzw. Standpunkt liegt, so kann man die Entfernungsmesser einteilen in Entfernungsmesser mit der Grundstrecke im Standpunkt oder Zielwinkelentfernungsmesser und Entfernungsmesser mit der Grundstrecke im Zielpunkt oder Standwinkelentfernungsmesser. Ferner kann man die Entfernungsmesser einteilen in Entfernungsmesser mit unveränderlicher Grundstrecke und veränderlichem mikrometrischem Winkel und Entfernungsmesser mit veränderlicher Grundstrecke und unveränderlichem mikrometrischem Winkel.

a) Entfernungsmesser mit der Grundstrecke im Standpunkt. $\alpha)$ Mikrometrischer Winkel ε unveränderlich und Grundstrecke b veränderlich. Der Abstand s eines Punktes Z (Abb. 22) von einer durch mehrere Fluchtstäbe ausgefluchteten Geraden AB kann z. B. mit Hilfe eines Winkelspiegels bestimmt werden, dessen Spiegelebenen einen Winkel von $45^\circ \pm \frac{\varepsilon}{4}$ bilden¹, so daß mit

ihm unveränderliche Winkel von $90^\circ \pm \frac{\varepsilon}{2}$

abgesteckt werden. Die doppelte Benutzung des Winkelspiegels ergibt zwei Punkte S_1 und S_2 und damit die Grundstrecke $S_1S_2 = b$;

es ist dann $s = \frac{b}{2 \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}}$.

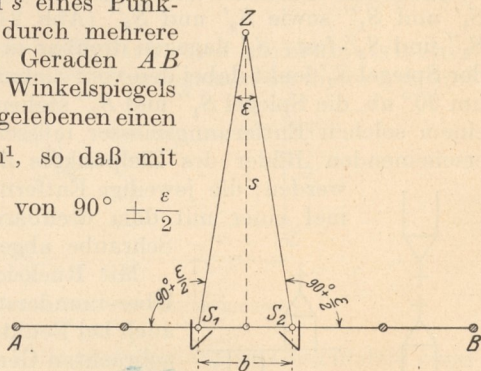


Abb. 22.
Mittelbare Streckenmessung mit einem Winkelspiegel.

Verwendet man zur Messung von b ein Meßband mit entsprechender, einfach zu berechnender Teilung, so kann man daran unmittelbar s ablesen.

¹ An Stelle eines Winkelspiegels verwendet man praktisch besser ein entsprechend geschliffenes Prisma; ein Prisma dieser Art wird von M. Hensoldt und Söhne hergestellt.

β) Grundstrecke b unveränderlich und mikrometrischer Winkel ε veränderlich. Ein Entfernungsmesser dieser Art besteht in seiner einfachsten Form (Abb. 23) aus zwei Spiegeln S_1 und S_2 , von denen S_1 fest und S_2 drehbar mit einem Brettstück verbunden sind. Beim Gebrauch wird der Spiegel S_2 solange gedreht, bis das im Spiegel S_1 gesehene Bild des Zielpunktes Z genau z. B. unter dem unmittelbar — senkrecht zu S_1S_2 — gesehenen Punkt Z liegt; die Entfernung s kann dann an einer mit dem Spiegel S_2 verbundenen Teilung unmittelbar abgelesen werden.

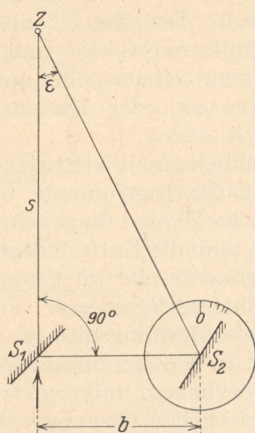


Abb. 23. Einfacher Entfernungsmesser mit unveränderlicher Grundstrecke.

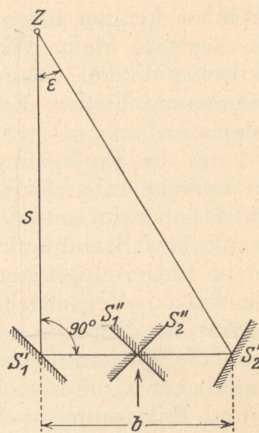


Abb. 24. Doppelbildentfernungsmesser.

An Stelle von nur zwei Spiegeln kann man auch zwei Spiegelpaare S'_1 und S'_2 sowie S''_1 und S''_2 (Abb. 24) verwenden, von denen S'_1 , S'_2 und S''_1 fest, S'_2 dagegen drehbar in einem Rohr angeordnet sind; der Spiegel S'_1 lenkt dabei den vom Zielpunkt Z kommenden Lichtstrahl um 90° ab, die Spiegel S'_1 und S'_2 stehen senkrecht übereinander. Bei einem solchen Entfernungsmesser müssen die beiden im Gesichtsfeld erscheinenden Bilder des Zielpunktes Z genau übereinandergestellt werden; die jeweilige Entfernung kann dann an der Trommel einer mit dem drehbaren Spiegel S'_2 verbundenen Schraube abgelesen werden.



Abb. 25. Bilder des Zielpunktes beim Kehr-
bildentfernungsmesser.

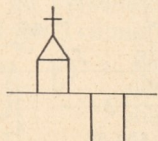


Abb. 26. Bilder des Zielpunktes
beim Schnitt-
bildentfernungsmesser.

Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit des Übereinanderstellens der beiden Bilder — auch bei Benutzung einer im Gesichtsfeld angebrachten Geraden — werden diese Doppelbildentfernungsmesser oder Koinzidenzentfernungsmesser mit „Kehrbildern“ und mit „Schnittbildern“ hergestellt. Beim Kehrbild- oder Invertentfernungsmesser steht das eine Bild aufrecht und das andere umgekehrt (Abb. 25); beim Schnittbild- oder Halbbildentfernungsmesser erscheint der Zielpunkt in der Mitte durchgeschnitten, so daß man zwei halbe Bilder (Abb. 26) sieht.

b) Entfernungsmesser mit der Grundstrecke im Zielpunkt. α) Mikrometrischer Winkel ε unveränderlich und Grundstrecke b veränderlich. Ein solcher Entfernungsmesser besteht in seiner einfachsten Form aus einer T-förmigen Grundplatte (Abb. 27) mit drei in S , M_1 und M_2 senkrecht zur Platte befestigten Nadeln für die Zielung; durch

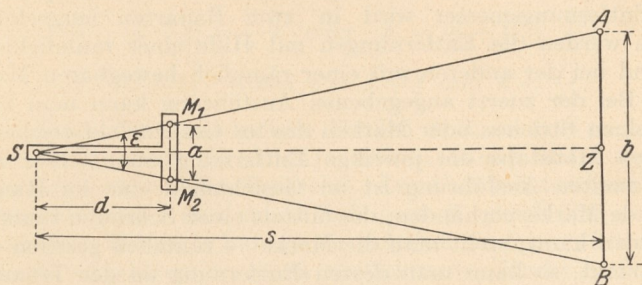


Abb. 27. Grundgedanke des Fadenentfernungsmessers.

die beiden Geraden SM_1 und SM_2 ist dabei der mikrometrische Winkel ε bestimmt. Ist $AB = b$ die an einem im Zielpunkt Z senkrecht zu ZS gehaltenen Maßstab abgelesene, durch SM_1 und SM_2 bestimmte Grundstrecke, so erhält man die Strecke s zwischen dem Standpunkt S und dem Zielpunkt Z aus $s = \frac{b}{a} d$, wobei a der Abstand der Zielmarken M_1 und M_2 , und d der Abstand der Zielmarke S von $M_1 M_2$ ist; mit Rücksicht auf die Unveränderlichkeit von a und d kann man auch schreiben $s = kb$.

Der in der Abb. 27 angedeutete Grundgedanke findet Anwendung beim Fadenentfernungsmesser, auf den später besonders eingegangen wird.

β) Grundstrecke b unveränderlich und mikrometrischer Winkel ε veränderlich. Bei den Entfernungsmessern dieser Art wird

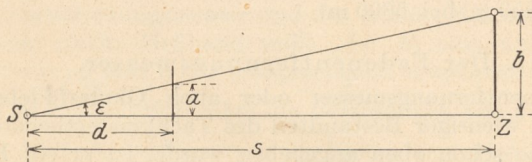


Abb. 28. Grundgedanke des Schraubenentfernungsmessers.

im Standpunkt S (Abb. 28) mit Hilfe einer Teilung im Gesichtsfeld eines Fernrohrs oder einer Schraube im unveränderlichen Abstand d von S die Strecke a gemessen, die der im Zielpunkt Z senkrecht zu ZS gestellten Grundstrecke b entspricht; es ist dann $s = \frac{b}{a} d$, oder, da b und d unveränderlich sind, $s = \frac{k}{a}$. Dieses Verfahren der Entfernungsmessung findet insbesondere Anwendung beim Schraubenentfernungsmesser, von dem ebenfalls später noch die Rede sein wird.

c) Außer den seither betrachteten, eine nur einäugige Beobachtung erfordernden Entfernungsmessern gibt es noch den auf dem stereoskopischen oder räumlichen Sehen beruhenden, also zweiäugige Beobachtung verlangenden Raumbildentfernungsmesser oder **stereoskopischen Entfernungsmesser**, bei dem die Grundstrecke im Standpunkt liegt. Dieser Entfernungsmesser wird in zwei Bauarten hergestellt; bei der einen werden die Entfernungen mit Hilfe eines räumlichen Maßstabes und bei der anderen mit einer räumlich bewegbaren Marke gemessen. Bei der zuerst angegebenen Ausführung kann man zwischen den einzelnen Strichen oder Marken des im Gesichtsfeld erscheinenden räumlichen Maßstabes die jeweilige Entfernung unmittelbar ablesen. Bei der zweiten Ausführung ist im Gesichtsfeld eine im Raum freischwebende Marke vorhanden, die mittels einer Schraube räumlich bewegt werden kann; stellt man die Marke — räumlich gesehen — über den Zielpunkt, so kann man dessen Entfernung an der Trommel der auf die Marke wirkenden Schraube ablesen. Das Instrument mit räumlichem Maßstab im Gesichtsfeld kann freihändig benutzt werden; dasjenige mit räumlich bewegbarer Marke erfordert eine feste Aufstellung auf einem entsprechenden Stativ.

Die Firma C. Zeiß fertigt drei, für topographische Zwecke in Frage kommende stereoskopische Entfernungsmesser mit Grundstrecken von 36, 50 und 70 cm Länge und festem Maßstab im Gesichtsfeld. Das Instrument mit 36 cm langer Grundstrecke kann zur Messung von Strecken von 30—1000 m benutzt werden; dabei hat man mit Fehlern von mindestens 0,1 bzw. 50 m zu rechnen. Das Instrument mit 50 cm langer Grundstrecke dient zur Messung von Strecken von 100 m an, wobei man mit einem Fehler von mindestens 0,5 m zu rechnen hat; bei 500 m langen Strecken muß man mit Fehlern von mindestens 10 m und bei 1000 m mit 50 m rechnen. Das Instrument mit 70 cm langer Grundstrecke kommt für Strecken von 100—5000 m Länge in Frage; die zu erwartenden Fehler sind mindestens 0,1 m bei 100 m, 10 m bei 1000 m und 250 m bei 5000 m.

5. Der Fadenentfernungsmesser.

Der Fadenentfernungsmesser oder auch Okularfadenentfernungsmesser ist ein wichtiger Bestandteil des Tachymetertheodolits und der Kippregel; wie schon oben angegeben wurde, ist er ein Entfernungsmesser mit veränderlicher Grundstrecke im Zielpunkt und mit unveränderlichem mikrometrischen Winkel im Standpunkt. Der nur 30 bis 60 Minuten große mikrometrische Winkel ε ist bestimmt durch die Brennweite f des Objektivs eines Fernrohrs und zwei, zu beiden Seiten des eigentlichen Horizontalfadens auf der Fadenplatte des Fernrohrs in unveränderlichem Abstand aufgezoogene bzw. angegebene „Distanzfäden“. Soll die horizontale Entfernung E zwischen zwei in derselben Höhe gelegenen Punkten S und Z gemessen werden, so stellt man das entfernungsmessende Fernrohr in S und in Z einen auf einer Latte angegebenen Maßstab mit Zentimeter- oder Dezimeterteilung vertikal auf und liest an diesem den mit E veränderlichen Abschnitt l zwischen

den beiden Distanzfäden ab; man erhält dann E als Funktion von l und den Abmessungen des Fernrohrs.

Für das meistbenutzte Ramsdensche Fernrohr (Abb. 29) mit der Objektivbrennweite f , dem Fadenabstand a und dem Abstand d zwischen Objektiv und Fernrohrmitte¹ ist

$$E - (d + f) = \frac{f}{a} l \quad \text{oder} \quad E = (d + f) + \frac{f}{a} l$$

oder

$$E = c + kl, \quad \text{wobei} \quad c = d + f \quad \text{und} \quad k = \frac{f}{a}.$$

Da a , d und f unveränderliche Größen sind, so sind auch c und k unveränderlich; c heißt die Additionskonstante und k die Multiplikationskonstante des Fernrohrs. Der Fadenabstand a wird meist derart gewählt, daß k eine runde Zahl — z. B. gleich 100 — ist. Der mikrometrische Winkel ε hat seinen Scheitel in dem äußeren Brennpunkt F des Objektivs, der auch anallaktischer Punkt heißt.

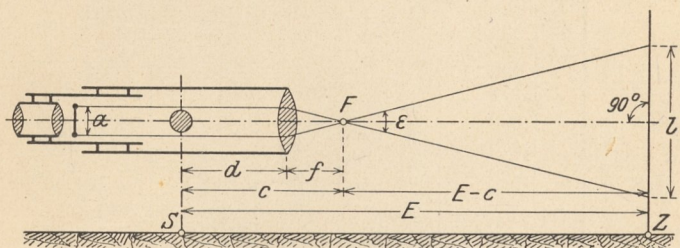


Abb. 29. Wirkungsweise des Fadenentfernungsmessers eines Fernrohrs nach Ramsden.

Bei dem Fernrohr nach Ramsden erfolgt die Bestimmung der Konstanten c und k getrennt. Man erhält c genügend genau durch unmittelbares Abmessen² von d und f aus $c = d + f$. Für die Konstante k genügt unmittelbare Abmessung von f und a nicht; man bestimmt k dadurch, daß man mehrere Entfernungen das eine Mal mittelbar mit dem Fadenentfernungsmesser und das andere Mal unmittelbar mit Meßlaten oder einem Meßband mißt. Ist E_i eine unmittelbar gemessene Entfernung und l_i der entsprechende Abschnitt an dem Maßstab, so ist $k = \frac{E_i - c}{l_i}$. Man führt die Bestimmung von k in der Weise aus, daß man für mehrere Punkte in am besten ungerunden Entfernungen zwischen 30 und 60 m zuerst die Abschnitte l bestimmt und sodann vom Brennpunkt F aus die Entfernungen $E - c$ mißt.

Beispiel für eine Konstantenbestimmung. An einem Fernrohr Ramsdenscher Art wurde abgemessen $d = 14$ cm und $f = 21$ cm,

¹ Ist das Fernrohr mit einem Theodolit verbunden, so liegt die „Fernrohrmitte“ in der Umdrehungsachse des Theodolits.

² Die Brennweite f kann man dadurch bestimmen, daß man die Objektivlinse herauschraubt und dann mit ihr das Bild eines sehr weit entfernten Gegenstandes (Sonne) auf einem Papier auffängt; in den meisten Fällen genügt es, mit dem Fernrohr einen weit entfernten Gegenstand einzustellen; f ist dann gleich dem Abstand zwischen Objektiv und Fadenkreuz. Vielfach ist f vom Mechaniker angegeben.

so daß $c = d + f = 35$ cm ist. Zur Bestimmung von k wurden 10 Punkte benutzt; die Messung ergab bei ungefähr horizontaler Lage des Fernrohrs und vertikaler Stellung des Maßstabes in den Streckenendpunkten die folgenden Werte:

Punkt	Ablesungen am Maßstab m	l m	$E - c$ * m	k **
1	1,100	0,382	38,83	101,65
	1,482			
2	1,100	0,397	40,30	101,51
	1,497			
3	1,100	0,418	42,41	101,46
	1,518			
4	1,100	0,436	44,28	101,56
	1,536			
5	1,100	0,450	45,66	101,47
	1,550			
6	1,000	0,471	47,81	101,51
	1,471			
7	1,000	0,489	49,64	101,51
	1,489			
8	1,000	0,509	51,68	101,53
	1,509			
9	1,000	0,526	53,42	101,56
	1,526			
10	1,000	0,547	55,53	101,52
	1,547			

Damit erhält man im Mittel $k = 101,53 \pm 0,02$. Für das Fernrohr gilt somit die Gleichung $E = 0,35 + 101,53 l$.

Die Berechnung von E auf Grund der Gleichung $E = c + kl$ geschieht am einfachsten mit Hilfe der Gleichung $E = k_0 l + \Delta E$, in der

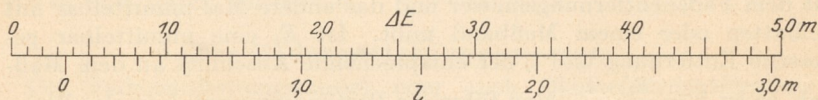


Abb. 30. Tafel zur Bestimmung von ΔE bei der Gleichung $E = 100l + \Delta E$ eines entfernungsmessenden Fernrohrs.

k_0 gleich einer runden Zahl — also z. B. gleich 100 — angenommen wird, und $\Delta E = c + (k - k_0) l$ ist; die ΔE -Werte kann man dabei mittels einer graphischen Tafel bestimmen. Eine solche Tafel zeigt für die Gleichung $E = 0,35 + 101,53 l = 100 l + \Delta E$ die Abb. 30.

* Die Strecken $E - c$ wurden mit Meßblättern gemessen.

** Da k in der Nähe von 100 liegt, so setzt man zur Berechnung der einzelnen k -Werte $k = 100 + \Delta k$; damit erhält man $E - c = kl = 100 l + l \Delta k$ und $\Delta k = \frac{(E - c) - 100 l}{l}$. Die Berechnung der Δk -Werte kann man mit Hilfe des Rechenschiebers ausführen.

Bei dem Fernrohr mit innerer Einstellinse kann man die Gleichung zur Berechnung einer Entfernung E aus dem Maßstababschnitt l ebenfalls auf die Form bringen $E = c + kl$; dabei sind aber c und k infolge des veränderlichen Abstandes zwischen der inneren Einstellinse und dem Objektiv nicht unveränderlich, sondern von E bzw. l abhängig. Liegt k in der Nähe eines runden Wertes k_0 — z. B. 100 — so schreibt man

$$E = c + kl = k_0 l \pm \Delta E,$$

wobei ΔE eine Funktion von l ist. Die Bestimmung der Werte ΔE für bestimmte runde Werte von l — z. B. $l = 0,20; 0,40; \dots 1,00; 1,20 \dots 2,00$ m — geschieht in ähnlicher Weise wie die Bestimmung von k beim Ramsdenschen Fernrohr; nur mißt man dabei zweckmäßigerweise die Entfernungen E und nicht $E - c$. Die Genauigkeit der einzelnen ΔE -Werte kann man in einfacher Weise dadurch erhöhen, daß man für jeden l -Wert mehrere, in E nur um wenige Dezimeter verschiedene Punkte wählt.

Beispiel. Für ein Fernrohr mit innerer Einstellinse, dessen Multiplikationskonstante in der Nähe von 100 liegt, wurden zur Bestimmung der ΔE -Werte der Gleichung $E = 100 l + \Delta E$ 10 Gruppen von je 6 Punkten benutzt; die Messung der Strecken E mit Meßblättern und der Abschnitte l an dem vertikal aufgestellten Maßstab und bei ungefähr horizontalem Fernrohr ergab die nachstehenden Werte:

Gruppe	Punkt	Ablesungen am Maßstab m	l m	E m	Gruppe	Punkt	Ablesungen am Maßstab m	l m	E m
I	1	1,644 1,450	0,194	19,51	III	1	2,164 1,570	0,594	59,55
	2	1,647 1,450	0,197	19,70		2	2,178 1,580	0,598	59,74
	3	1,6485 1,450	0,1985	19,91		3	2,180 1,580	0,600	59,94
	4	1,651 1,450	0,201	20,15		4	2,171 1,570	0,601	60,10
	5	1,652 1,450	0,202	20,31		5	2,173 1,570	0,603	60,27
	6	1,655 1,450	0,205	20,48		6	2,183 1,580	0,603	60,47
II	1	1,915 1,520	0,395	39,50	IV	1	2,422 1,630	0,792	79,58
	2	1,917 1,520	0,397	39,70		2	2,437 1,640	0,797	79,76
	3	1,918 1,520	0,398	39,88		3	2,428 1,630	0,798	79,98
	4	1,910 1,510	0,400	40,05		4	2,439 1,640	0,799	80,15
	5	1,911 1,510	0,401	40,25		5	2,441 1,640	0,801	80,30
	6	1,913 1,510	0,403	40,45		6	2,444 1,640	0,804	80,44

Gruppe	Punkt	Ablesungen am Maßstab m	l m	E m	Gruppe	Punkt	Ablesungen am Maßstab m	l m	E m
V	1	2,722 1,730	0,992	99,52	VIII	1	3,590 2,000	1,590	159,54
	2	2,735 1,740	0,995	99,75		2	3,592 2,000	1,592	159,70
	3	2,725 1,730	0,995	99,99		3	3,593 2,000	1,593	159,92
	4	2,731 1,730	1,001	100,15		4	3,594 2,000	1,594	160,12
	5	2,741 1,740	1,001	100,30		5	3,598 2,000	1,598	160,28
	6	2,735 1,730	1,005	100,47		6	3,605 2,000	1,605	160,46
VI	1	3,013 1,820	1,193	119,51	IX	1	3,890 2,100	1,790	179,55
	2	2,995 1,800	1,195	119,70		2	3,892 2,100	1,792	179,70
	3	3,016 1,820	1,196	119,90		3	3,895 2,100	1,795	179,87
	4	3,017 1,820	1,197	120,15		4	3,897 2,100	1,797	180,09
	5	3,019 1,820	1,199	120,31		5	3,901 2,100	1,801	180,29
	6	3,022 1,820	1,202	120,48		6	3,905 2,100	1,805	180,47
VII	1	3,290 1,900	1,390	139,53	X	1	3,940 1,950	1,990	199,51
	2	3,293 1,900	1,393	139,71		2	3,945 1,950	1,995	199,76
	3	3,295 1,900	1,395	139,91		3	3,948 1,950	1,998	199,95
	4	3,299 1,900	1,399	140,09		4	3,950 1,950	2,000	200,18
	5	3,301 1,900	1,401	140,29		5	3,950 1,950	2,000	200,31
	6	3,302 1,900	1,402	140,47		6	3,952 1,950	2,002	200,50

Gleicht man die Messungen gruppenweise in der in der Abb. 31 angedeuteten Weise graphisch aus, so erhält man für die runden Werte von E die folgenden Werte von ΔE :

$$\begin{array}{rcccccc}
 E = & 20,00 & 40,00 & 60,00 & 80,00 & 100,00 \text{ m} \\
 \Delta E = + & 0,05 & 0,08 & 0,03 & 0,19 & 0,22 \text{ m} \\
 E = & 120,00 & 140,00 & 160,00 & 180,00 & 200,00 \text{ m} \\
 \Delta E = + & 0,31 & 0,33 & 0,47 & 0,33 & 0,29 \text{ m.}
 \end{array}$$

Unterzieht man auch diese Werte einer graphischen Ausgleichung (Abb. 32), so ergeben sich die Werte

$E =$	0,00	50,00	100,00	150,00	200,00 m,
$\Delta E = +$	0,00	0,11	0,22	0,33	0,44 m

und damit die in der Abb. 33 angegebene Tafel.

Da das Huygenssche Fernrohr sich weniger für die Entfernungsmessung eignet, so wird es kaum mehr dazu verwendet.

Bei dem nach Porro benannten oder anallaktischen Fernrohr ist die Additionskonstante c gleich Null, so daß $E = kl$; die Bestimmung der Multiplikationskonstanten k geschieht in derselben Weise wie beim Ramsdenschen Fernrohr.

Das im vorstehenden über den Fadenentfernungsmesser Gesagte gilt nur für den Fall, daß Standpunkt und Zielpunkt gleich hoch liegen, so daß die Zielung über den mittleren Horizontalfaden horizontal oder senkrecht zu dem vertikal gehaltenen Maßstab ist; der allgemeine Fall wird später behandelt.

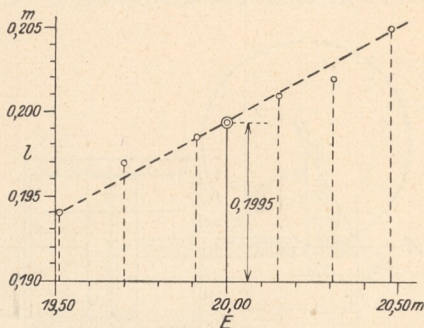


Abb. 31. Ausgleichung einer Gruppe von Beobachtungen bei der Bestimmung der Multiplikationskonstanten eines entfernungsmessenden Fernrohrs mit innerer Einstellinse.

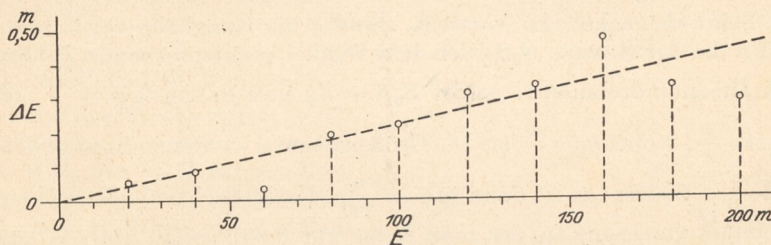


Abb. 32. Ausgleichung der Werte verschiedener Gruppen von Beobachtungen bei der Bestimmung der Multiplikationskonstanten eines entfernungsmessenden Fernrohrs mit innerer Einstellinse.

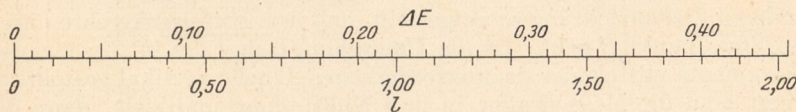


Abb. 33. Tafel zur Bestimmung von ΔE bei der Gleichung $E = 100l + \Delta E$ eines entfernungsmessenden Fernrohrs.

6. Der Schraubenentfernungsmesser.

Beim Schraubenentfernungsmesser liegt — wie schon früher angegeben wurde — die unveränderliche Grundstrecke b im Zielpunkt und der veränderliche mikrometrische Winkel ε im Standpunkt; die Messung von ε erfolgt nicht unmittelbar in Gradmaß, sondern mittelbar mit Hilfe seiner Tangens. Die Bestimmung des Tangenswertes des Winkels ε geschieht mittels einer horizontal oder vertikal wirkenden Meßschraube; da die Verwendung einer horizontal wirkenden Schraube

hinsichtlich der Bequemlichkeit und der Genauigkeit der Messung im Vorteil ist, so soll im folgenden nur von einer solchen die Rede sein.

Die Streckenmessung mit einer horizontal wirkenden Meßschraube besteht im Grundgedanken darin, daß man die gesuchte Strecke s als Höhe eines gleichschenkligen Dreiecks bestimmt, dessen horizontal

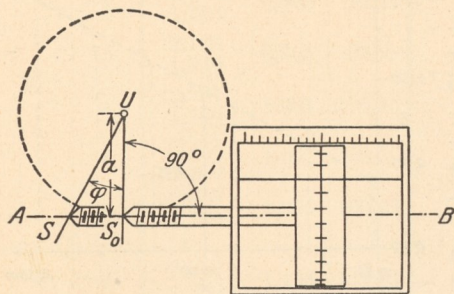


Abb. 34. Wirkungsweise der Tangensschraube eines Schraubenentfernungsmessers.

liegende Grundlinie durch eine, z. B. 2 m lange Strecke an einer Latte angegeben ist, und bei dem man den kleinen Winkel an der Spitze mit Hilfe einer als Tangensschraube wirkenden Meßschraube ermittelt. Die Meßschraube ist derart mit einem um eine vertikale Achse U (Abb. 34) drehbaren Zielfernrohr verbunden, daß bei ihrer Nullstellung die Schraubenachse AB senkrecht zur Verbindungsgeraden zwischen Umdrehungs-

achse U und Schraubenspitze S_0 steht. Einer Vorwärtsbewegung der Schraubenspitze von S_0 nach S entspricht ein Winkel φ , für den $\operatorname{tg} \varphi = \frac{S_0 S}{a}$ ist, wenn a den Abstand der Umdrehungsachse von der Schraubenachse AB vorstellt. Sind g die Ganghöhe der Schraube und n die der Strecke $S_0 S$ oder dem Winkel φ entsprechende Zahl von Schraubenumdrehungen, so ist $S_0 S = ng$ und damit $\operatorname{tg} \varphi = \frac{ng}{a}$ oder

$\operatorname{tg} \varphi = \frac{n}{k}$, wobei $k = \frac{a}{g}$ ist. Die Größen a und g werden z. B. so gewählt, daß $\frac{a}{g} = 200$ ist; es ist dann $\operatorname{tg} \varphi = \frac{n}{200}$. Die Meßschraube ist mit einer Trommel versehen, an der man n bis auf 0,001 genau ablesen kann.

Bei der Messung einer kleineren Strecke s (Abb. 35) wird im Zielpunkt Z die die Grundstrecke b tragende Latte mit Hilfe einer besonderen Zielvorrichtung so aufgestellt, daß ihre Mittelsenkrechte durch den Standpunkt S geht. Ist die Umdrehungsachse des in S stehenden Instruments mittels der dazu erforderlichen Libelle vertikal gestellt, so bringt man die Meßschraube in ihre Nullstellung und zielt dann die Mitte M der Grundstrecke b mit Benutzung einer hierfür vorhandenen Feinbewegungsschraube an. Die jetzt beginnende eigentliche Messung besteht in der Anzielung der Enden E_1 und E_2 der Grundstrecke b mit jedesmaliger Ablesung der Schraubenstellungen n_1 und n_2 ¹; es ist dann $s = a \frac{b}{ng}$ oder $s = \frac{kb}{n}$, wobei $n = n_1 + n_2$ ist. Ist $\frac{a}{g}$ z. B. gleich 200 und $b = 2,000$ m, so hat man zur Berechnung von s die Gleichung

¹ Es ist hierbei angenommen, daß die Teilung zur Ablesung der ganzen Schraubenumdrehungen von der Schraubennullstellung aus nach rechts und links beziffert ist.

$s = \frac{400}{n}$. Zur Erhöhung der Genauigkeit erfolgt die Messung von n_1 und n_2 nicht nur einmal, sondern z. B. fünfmal. Alle Einstellungen der

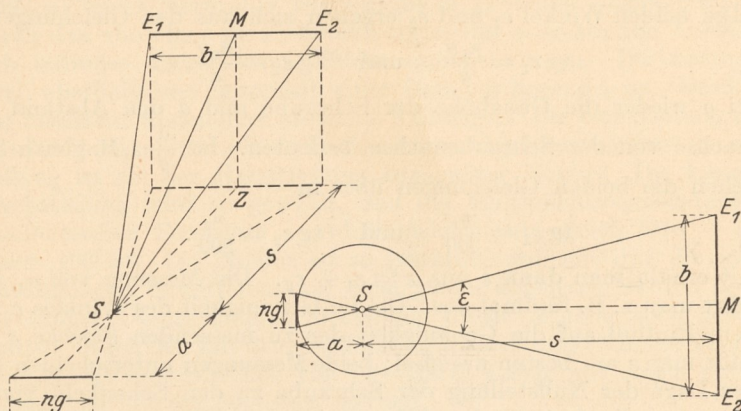


Abb. 35. Einfachste Art der Streckenmessung mit einem Schraubenentfernungsmesser.

Punkte E_1 und E_2 erfolgen mit Drehen der Schraube im Uhrzeigersinn. Man kann so z. B. 150 m lange Strecken mit einem mittleren Fehler von ± 3 bis ± 5 cm messen.

Die Messung einer größeren Strecke $AB = s$ (Abb. 36) verlangt die Benutzung eines Hilfspunktes H , den man am besten so wählt, daß der Winkel $AHB = \varphi \approx 90^\circ$, und daß die Strecke $AH \approx \sqrt{s}$ ist. Die Messung von $AH = b$ erfolgt mit Hilfe der in H aufgestellten 1 m langen Meßlatte in der oben angegebenen Weise mit der Meßschraube des in A aufgestellten Theodolits. Der Winkel $HAB = \alpha$ wird mit Benutzung des Horizontalalkreises des Theodolits in zwei Fernrohrlagen gemessen. Die Messung des kleinen Winkels ε in B erfolgt mit der Meßschraube in der Weise, daß man die Schraube auf Null

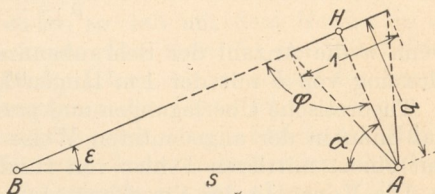


Abb. 36. Streckenmessung mit einem Schraubenentfernungsmesser mit Benutzung eines Hilfspunktes.

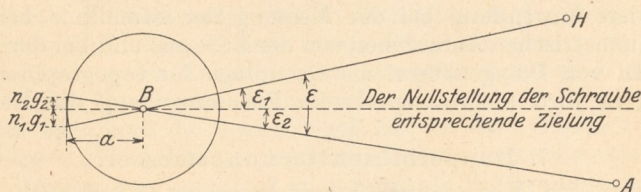


Abb. 37. Messung eines kleinen Horizontalwinkels mit einer Tangenschraube.

stellt und bei festgeklammtem Oberbau den Unterbau des Instruments in eine solche Stellung bringt, daß durch die Zielachse des Fernrohrs der Winkel ε in zwei ungefähr gleich große Winkel ε_1 und ε_2 (Abb. 37) zer-

legt wird. Bei festgeklebtem Unter- und Oberbau zielt man dann mit Hilfe der Meßschraube z. B. zuerst den Punkt H und sodann den Punkt A an und macht dabei an der Schraube die Ablesungen n_1 und n_2 . Die beiden Winkel ε_1 und ε_2 ergeben sich aus den Gleichungen

$$\operatorname{tg} \varepsilon_1 = \frac{n_1 g}{a} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \varepsilon_2 = \frac{n_2 g}{a},$$

wobei g wieder die Ganghöhe der Schraube und a den Abstand der Drehachse von der Schraubenachse bedeuten. Ist $\frac{a}{g}$ z. B. gleich 200, so gehen die beiden Gleichungen über in

$$\operatorname{tg} \varepsilon_1 = \frac{n_1}{200} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \varepsilon_2 = \frac{n_2}{200}.$$

Damit erhält man dann ε aus $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$. Die Messung von n_1 und n_2 führt man z. B. fünfmal aus. Da die Genauigkeit des Winkels ε von großem Einfluß auf die Genauigkeit der zu messenden Strecke s ist, so mißt man ε am besten zweimal; beide Messungen unterscheiden sich in der Lage der Nullstellung der Schraube zu den Schenkeln von ε .

Hat man die drei Stücke $AH = b$, Winkel $HAB = \alpha$ und Winkel $HBA = \varepsilon$ des Dreiecks ABH gemessen, so findet man die gesuchte Strecke s (Abb. 36) nach dem Sinussatz aus

$$s = b \frac{\sin \varphi}{\sin \varepsilon}, \quad \text{wobei} \quad \varphi = 180^\circ - (\alpha + \varepsilon).$$

Die Strecke b erhält man hierfür aus

$$b = \frac{200}{n},$$

wenn n die Anzahl der Schraubenumdrehungen ist, die man bei der Messung von b mit der 1 m langen Latte erhalten hat.

Theoretische Überlegungen und praktische Versuche¹ haben ergeben, daß man in der angedeuteten Weise eine rund 1000 m lange Strecke mit einem mittleren Fehler von rund $\pm 0,5$ m messen kann.

Die Vorteile der Streckenmessung mit einer Tangenschraube bestehen insbesondere darin, daß man unabhängig von dem Höhenunterschied zwischen dem Standpunkt und dem Zielpunkt sofort die horizontale Strecke erhält, und daß man — abgesehen von Sichthindernissen — unabhängig von Messungshindernissen ist.

Die Streckenmessung mit dem Schraubenentfernungsmesser findet insbesondere Anwendung bei der Messung der Standlinie bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen von der Erde aus und bei der Messung der Seiten von Polygonzügen als Grundlage für topographische Aufnahmen; es wird hiervon später im Zusammenhang die Rede sein.

7. Doppelbildentfernungsmesser.

Zunächst für Katastermessungen bestimmt, aber auch für die Streckenmessung bei Polygonzügen als Grundlage für topographische Aufnahmen in Frage kommend, sind die Entfernungsmesser von

¹ Vgl. Werkmeister, P.: Streckenmessung mit Hilfe des Zeißschen Streckenmeßtheodolits. Z. Vermessungswesen 1922, 321–332 u. 353–363.

A. Aregger, R. Bosshardt und H. Wild; alle drei Instrumente sind Doppelbildentfernungsmesser mit der Grundstrecke im Zielpunkt.

a) Bei dem Instrument von A. Aregger¹ befindet sich vor dem Objektiv eines Fernrohrs ein besonders gebautes Doppelbildprisma, durch das von einer im Zielpunkt horizontal aufgestellten Latte zwei, sich teilweise überdeckende Bilder erzeugt werden. Die Latte trägt zwei, oberhalb und unterhalb einer Geraden liegende, im Gesichtsfeld des Fernrohrs aneinander stoßende Teilungen. Die eine Teilung ist die Hauptteilung, an der schiefe Entfernungen abgelesen werden; die andere Teilung ist ein der Hauptteilung angepaßter Nonius. Die Länge der Hauptteilung wird so gewählt, daß die Multiplikationskonstante des anallaktischen Fernrohrs — Additionskonstante gleich Null — genau gleich 100 ist. Der Nonius ist so gestaltet, daß mit ihm die schiefen Entfernungen unmittelbar auf 5 cm genau abgelesen werden können; bei einiger Übung können Bruchteile dieser Angabe noch geschätzt werden. Nach den mit dem Entfernungsmesser ausgeführten Versuchen können mit ihm Strecken von 60—100 m Länge mit einem mittleren Fehler von ± 3 cm gemessen werden.

b) Der Hauptteil des nach den Angaben von R. Bosshardt unter Mitwirkung von A. König bei C. Zeiß gebauten „Reduktionstachymeters“² ist ein entfernungsmessendes Fernrohr, bei dem von der im Zielpunkt horizontal aufgestellten Latte dadurch zwei Bilder erzeugt werden, daß vor der unteren Hälfte des Objektivs zwei gleich starke Glaskeile hintereinander angebracht sind. Die Lattenteilung besteht aus einer Hauptteilung und einem Nonius; im Gesichtsfeld des Fernrohrs erscheinen beide übereinander, so daß mit dem Nonius an der Hauptteilung abgelesen werden kann. Das Fernrohr und die Lattenteilungen sind so ausgeführt, daß die Länge der zu messenden Strecke gleich dem 100fachen der Ablesung an der Latte ist.

Fällt kein Noniusstrich ganz genau mit einem Strich der Hauptteilung zusammen, so wird der in Frage kommende Noniusstrich durch eine Parallelverschiebung des Lichtstrahls in der oberen Hälfte des Fernrohrs zum Zusammenfallen mit einem Strich der Hauptteilung gebracht; dies geschieht mit Hilfe einer dem oberen Teil des Objektivs vorgeschalteten planparallelen Glasplatte, die mit einer Schraube um eine — bei horizontal liegendem Fernrohr — vertikale Achse gedreht werden kann. Die Schraube hat eine Trommel mit Teilung, an der man unmittelbar die Zentimeter und durch Schätzung die Millimeter der zu messenden Entfernung ablesen kann. Diese Einrichtung ist so einfach, daß man von jeder Entfernung in kurzer Zeit mehrere, voneinander unabhängige Messungen ausführen kann.

Wäre der durch die beiden Glaskeile vor dem Objektiv bestimmte parallaktische Winkel immer derselbe, so würde man schiefe Entfernungen messen; damit man unmittelbar horizontale Entfernungen erhält, sind

¹ Eine ausführliche Beschreibung des Instruments hat A. Aregger in der Schweiz. Z. Vermessungswesen 1926, 217, gegeben.

² Vgl. Bosshardt, R.: Das neue Reduktionstachymeter. Schweiz. Vermessungswesen 1927, 1.

die beiden Keile drehbar angeordnet. Jede Kippbewegung des Fernrohrs um eine horizontale Achse wird mit Hilfe von zwei Zahnrädern auf die beiden Glaskeile übertragen; der parallaktische Winkel erreicht dadurch seinen größten Wert bei horizontal und seinen kleinsten Wert — gleich Null — bei vertikal liegendem Fernrohr.

Eingehende Untersuchungen haben ergeben, daß für Strecken bis etwa 150 m Länge bei normalen Sichtverhältnissen kein Unterschied besteht zwischen den Ergebnissen der Messung mit Meßblättern und derjenigen mit dem Entfernungsmesser von R. Bosshardt.

c) Bei dem Entfernungsmesser von H. Wild¹ werden von der horizontal aufgestellten Latte durch zwei übereinander liegende, vor dem Objektiv eines Fernrohrs angebrachte Glaskeile zwei aneinander stoßende Bilder entworfen, von denen das untere den mit einer Dezimeterteilung versehenen linken Lattenteil und das obere den mit einer Zentimeterteilung versehenen rechten Lattenteil zeigt. Das Fernrohr und die Lattenteilung sind so eingerichtet, daß man die durch die beiden Bilder bestimmte Ablesung mit 100 multiplizieren muß, um die zu messende Entfernung — auf Meter genau — zu erhalten.

Die Größe des durch die beiden fest eingebauten Glaskeile erzeugten parallaktischen Winkels kann mit Hilfe von zwei, vor den Keilen symmetrisch um eine — bei horizontalem Fernrohr — vertikale Achse drehbaren planparallelen Glasplatten um kleine Beträge verändert werden. Durch Drehen der planparallelen Platten mittels einer Schraube kann man die — im allgemeinen zunächst nicht zusammenfallenden — Striche der Zentimeter- und der Dezimeterteilung der Latte zum Übereinstimmen bringen; an der Teilung der Schraubentrommel können dann die Dezimeter und Zentimeter der zu messenden Strecke abgelesen werden.

Der Wildsche Entfernungsmesser liefert — wie der von A. Aregger — die schiefe Entfernung zwischen Standpunkt und Zielpunkt; die gemessene Entfernung muß deshalb durch Multiplikation mit dem Kosinus des hierfür zu messenden Vertikalwinkels auf die Horizontale umgerechnet werden.

Die Genauigkeit der Streckenmessung mit dem Wildschen Instrument ist ungefähr dieselbe wie bei dem Instrument von R. Bosshardt, das aber unmittelbar die horizontale Entfernung liefert.

Da die drei im vorstehenden besprochenen Instrumente zunächst zur genauen Messung von kürzeren — etwas bis 150 m langen — Strecken dienen, so werden sie auch als Präzisionsdistanzmesser bezeichnet. Die den Instrumenten beigegebenen, horizontal zu verwendenden Latten sind je mit einer besonderen Vorrichtung versehen, mit deren Hilfe man die Latte senkrecht zu der zu messenden Strecke einstellen kann; die Vorrichtung ist dabei derart, daß man die Stellung der Latte vom Instrument aus beurteilen kann.

¹ Vgl. Hammer, E.: Der neue Wildsche Theodolit mit Präzisionsdistanzmesser. Z. Instrumentenkde 1925, 353.

8. Die Bussole.

Die Bussole kommt in zwei Bauarten vor, die man als Vollkreisbussole und Strichbussole bezeichnen kann. Die mit einer Zielvorrichtung verbundene Vollkreisbussole oder Büchsenbussole dient zur Messung des von der magnetischen Nordrichtung aus gezählten magnetischen Richtungswinkels einer Geraden; die mit einer Anlegekante versehene Strichbussole oder Kastenbussole dient zum Einrichten einer Geraden in die magnetische Nordrichtung, sie heißt deshalb auch Einrichtebussole.

a) Die **Vollkreisbussole** besteht aus einer bei ihrer Benutzung horizontal schwingenden Magnetnadel *N* (Abb. 38) und einer Kreisteilung *T*; die Spitze *S*, auf die die Nadel mit einem Hütchen aufgesetzt ist, und um die die Nadel schwingt, fällt mit dem Mittelpunkt des Teilkreises zusammen. Bei Bussolen für einfache Messungen ist die Nadel eine Rhombennadel; Bussolen für genauere Messungen haben Balkennadeln. Die der horizontalen Lage des Teilkreises entsprechende Lage der Nadel wird durch Verschieben des kleinen Gewichtes *G* auf der Nadel hergestellt. Mit Rücksicht auf die durch Erschütterungen entstehenden Beschädigungen der Spitze *S* oder des Nadelhütchens muß die Nadel vor jeder Beförderung von der Spitze *S* abgehoben werden; die Bussole ist für diesen Zweck mit einer besonderen Vorrichtung versehen. Der Teilkreis ist meist in ganze oder halbe Grade geteilt, so daß an ihm durch Schätzung auf $0,1^\circ$ genau abgelesen werden kann.

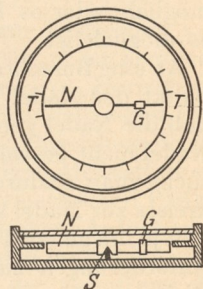


Abb. 38. Vollkreisbussole.

Die Vollkreisbussole findet in drei als Freihandbussole, Stockbussole und Reitbussole bezeichneten Ausführungen Verwendung. Die Freihandbussole wird — wie der Name sagt — freihändig verwendet; bei der Stockbussole ist der untere Teil des Gehäuses derart ausgebildet, daß die Bussole auf einen Stock oder Stab gesetzt werden kann; die Reitbussole ist mit einem Träger versehen, mit dessen Hilfe sie auf die horizontal liegende Kippachse eines Tachymetertheodolits gesetzt werden kann.

Die zum Messen von Winkeln bestimmte Vollkreisbussole ist mit einer Zielvorrichtung versehen; diese hat bei der Freihand- und bei der Stockbussole die Form eines mit dem Bussolengehäuse und damit dem Teilkreis fest verbundenen Schlitz-Fadendioptrers, bei der Reitbussole¹ ist die Zielvorrichtung das Fernrohr des Theodolits. Da der Teilkreis alle Drehungen in horizontalem Sinn der mit ihm in fester Verbindung stehenden Zielebene mitmacht und die magnetischen Richtungswinkel im Uhrzeigersinn gemessen werden, so ist der Teilkreis gegen den Uhrzeigersinn beziffert. Liegt demnach der Nullstrich der Bussolenteilung

¹ Bei manchen Instrumenten trifft man an Stelle einer Reitbussole eine zwischen die Träger des Fernrohrs eingebaute Bussole; ein grundsätzlicher Unterschied zwischen einer solchen und einer Reitbussole besteht nicht.

in der Zielebene beim Fadenteil des Diopters bzw. über dem Objektiv des Fernrohrs (Abb. 39), so stellt die der Zielung nach einem Punkt Z entsprechende Ablesung an dem Teilkreis den magnetischen Richtungswinkel α vor. Für manche Zwecke ist es bequem, wenn die an der Bussole gemachten Ablesungen nicht „magnetische“ Richtungswinkel, sondern „geodätische“, von der $+x$ -Richtung eines Koordinatensystems aus gemessene Richtungswinkel vorstellen; dies erfordert, daß man die Bussolenteilung in dem Gehäuse um den erforderlichen Betrag drehen und dann wieder festklemmen kann. Bei der Reitbussole ist dies im allgemeinen immer möglich, oder es kann in einfacher Weise dafür gesorgt werden, daß es möglich ist.

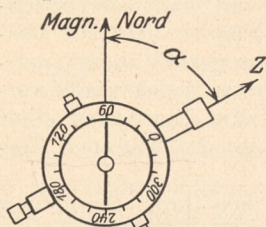


Abb. 39. Messung des magnetischen Richtungswinkels einer Geraden.

An eine Bussole stellt man die Anforderungen, daß der Schwingungspunkt der Nadel mit dem Mittelpunkt des Teilkreises zusammenfällt, daß die Nadel genügend magnetisch ist, und daß das Hütchen und die Nadel nicht beschädigt sind. Ob die erste Anforderung erfüllt ist, untersucht man dadurch, daß man bei verschiedenen Stellungen des Teilkreises zur Nadel an beiden Nadelenden abliest, wobei beide Ablesungen sich je um genau 180° unterscheiden müssen. Die auf die beiden anderen Anforderungen sich beziehenden Untersuchungen kann man in der Weise ausführen, daß man die der zur Ruhe gekommenen Nadel entsprechende Ablesung macht, der Nadel dann mit einem schwachen Magnet einen Ausschlag erteilt und die Nadel wieder zur Ruhe kommen läßt; die Ablesung an der Nadel muß dann dieselbe sein wie zuvor. Steht — wie bei der Reitbussole eines Tachymetertheodolits — die Bussole in fester Verbindung mit dem horizontal liegenden Teilkreis eines Theodolits, so kann man eine durchgreifende Untersuchung der Bussole dadurch ausführen, daß man am Horizontalkreis des Theodolits der Reihe nach z. B. die Einstellungen 0° , 30° , 60° ... macht und für jede die Bussole abliest.

b) Die **Strichbussole** besteht aus einer in einem rechteckigen Gehäuse untergebrachten Magnetnadel N (Abb. 40), deren Nordende beim Gebrauche auf eine mit dem Gehäuse fest verbundenen Strichmarke M zeigen muß, die meist auf beiden Seiten mit einer wenige Grade umfassenden Gradteilung versehen ist. Die eine

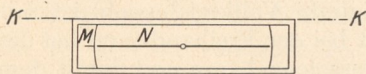


Abb. 40. Strichbussole.

Kante K des Gehäuses dient als Lineal zum Zeichnen von Geraden oder zum Anlegen an solche. Die Nadel ist mit einer Vorrichtung zum Abheben von der Spitze versehen, so daß sie bei Beförderungen vor Beschädigungen geschützt werden kann. Die Strichbussole findet insbesondere Verwendung zur Einrichtung der Platte des Meßtisches.

c) Bei einer nach **Schmalcalder** benannten, am besten auf einem Stock benutzten Bussole ist der Teilkreis mit der Nadel verbunden und schwingt so mit dieser; die Ablesungen werden mit Hilfe eines mit

der Zielebene verbundenen Prismas ausgeführt. Bei der Fluidbussole ist das Gehäuse zur Dämpfung der Schwingungen der Magnetnadel mit einer Flüssigkeit gefüllt.

d) Bei der Verwendung einer Bussole zu Messungen hat man zu beachten, daß die durch die Bussole bestimmten Richtungen von der Deklination abhängig sind, und daß diese nicht nur jährlichen, sondern auch regelmäßigen täglichen Schwankungen — bis etwa 10 Minuten — und außerdem plötzlichen Störungen — unter Umständen bis 2° — unterworfen ist. Ferner hat man zu berücksichtigen, daß die Bussole nicht in der Nähe von eisernen Zäunen, Geleisen, Masten u. dgl. und von Starkstromleitungen mit Gleichstrom verwendet werden darf.

B. Der Tachymetertheodolit und seine Verwendung.

Als Tachymetertheodolit bezeichnet man einen zur Festlegung von Punkten nach Polarkoordinaten bestimmten Theodolit; er ist demnach ein Theodolit mit einem Horizontalkreis zum Messen von Horizontalwinkeln, einem Vertikalkreis zum Messen von Vertikalwinkeln, einer Einrichtung für mittelbare Streckenmessung und einer Vollkreisbussole zur Messung von magnetischen Richtungswinkeln bei gewissen Meßverfahren.

Der Tachymetertheodolit dient zunächst zur tachymetrischen Punktbestimmung bei der Durchführung von topographischen Aufnahmen; er kann aber auch unter Umständen Verwendung finden bei der Messung von Horizontal- und Vertikalwinkeln, wie sie bei der Schaffung der Grundlagen für die Aufnahme auszuführen sind. Außerdem kann der Tachymetertheodolit zu Höhenbestimmungen durch Nivellieren benutzt werden.

1. Der Bau des Tachymetertheodolits.

Der Tachymetertheodolit besteht aus dem dreibeinigen Stativ und dem eigentlichen Instrument. Die Befestigung des Instruments auf dem Stativteller geschieht entweder mit einer als Stengelhaken bezeichneten Schraube mit einer kräftigen, das Instrument leicht andrückenden Spiralfeder (Abb. 41a) oder mit einer Schraube, die auf eine mit den Fußschrauben in Verbindung stehende Platte wirkt (Abb. 41b). Für manche Zwecke ist es notwendig, daß das Instrument vor dem letzten Anziehen der Befestigungsschraube um einige Zentimeter von der Mitte aus nach allen Seiten auf dem Stativteller verschoben werden kann.

Bei dem Instrument selbst unterscheidet man zwei Hauptteile, den Unterbau und den Oberbau. Der Unterbau besteht aus den drei Fuß- oder Stellschrauben *A* (Abb. 41) und dem Limbus *B* mit dem Horizontalkreis. Beim einfachen Theodolit (Abb. 41a) ist der Limbus und damit der Teilkreis fest mit dem Unterbau verbunden; beim Repetitions-theodolit (Abb. 41b) ist der Limbus mit dem Teilkreis drehbar im Unterbau angeordnet. Am Unterbau selbst oder an der Schraube zum Befestigen auf dem Stativteller ist ein Haken zum Anhängen eines Schnurlothes.

Der im Unterbau drehbare Oberbau besteht aus der Alhidade *C* mit der Vorrichtung zum Ablesen am Teilkreis, den beiden Fernrohr-