



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Feldmessen

Schewior, Georg

Leipzig, 1915

E. Die Lagemessung

[urn:nbn:de:hbz:466:1-97237](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-97237)

In nicht zu hartem Erdreich werden die Fluchtstäbe durch festes Einstoßen zum Stehen gebracht. Bei Felsboden, chaussierten oder gepflasterten Straßen hilft

Fig. 49.



man sich durch eine 10 bis 15 cm starke Rasenschicht, die als Unterlage dient (Fig. 44), oder man stellt einen Umbau her aus Steinen nach Fig. 45. Sehr zweckmäßig sind einfache kleine Dreibeine aus starkem Eisendraht mit kurzem Rohrstück (Fig. 46), oder noch geeigneter die nach der Fig. 47 hergestellten Stative mit verstellbarem Kopf zur bequemen Einstellung der Fluchtstäbe in die Lotrechte (s. S. 19), wenn dies z. B. zwischen den Fugen des Pflasters ohne Hilfsmittel nicht zu erreichen ist.

Wo Röhren u. dergl. zur Punktbezeichnung benutzt sind, werden selbstverständlich diese zur Aufnahme der Fluchtstäbe dienen (Fig. 48).

Fig. 50.

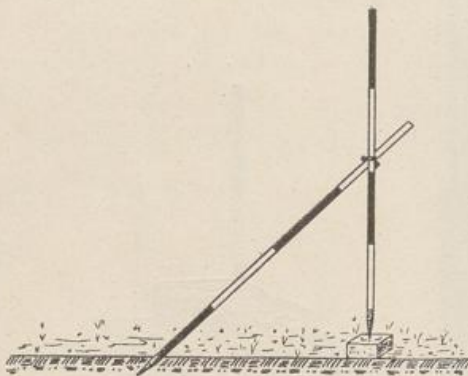
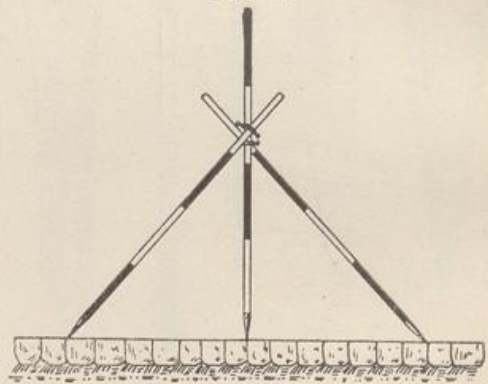


Fig. 51.



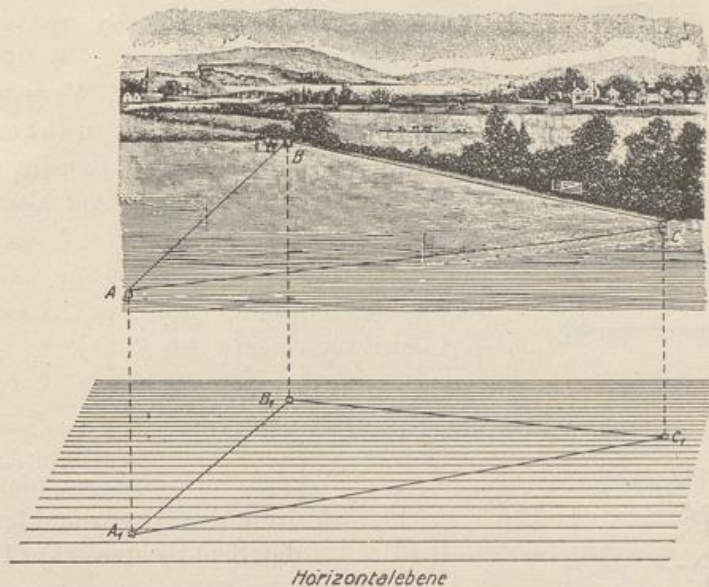
Als praktisches Mittel zur sicheren Aufstellung der Fluchtstäbe sei schließlich auf die durch ein Gelenk verbundenen Ringe mit Schrauben, sogen. „Doppelringe“ (Fig. 49) hingewiesen, deren Gebrauch aus den Figuren 50 und 51 ohne Erläuterung verständlich ist. Auch eine Verlängerung der Fluchtstäbe läßt sich durch diese Vorrichtung leicht ermöglichen.

E. Die Lagemessung.

Für die Bestimmung der gegenseitigen Lage von Grenzpunkten oder beliebigen anderen Punkten der Erdoberfläche wird (s. Kap. C. S. 4) eine Horizontalebene (Fig. 52) vorausgesetzt, auf welche die einzelnen Punkte durch parallel verlaufende Lotlinien projiziert werden. Die „Entfernung“ zweier Punkte A und B, angegeben im „Längenmaß“, ist hiernach der horizontale Abstand der in den beiden Punkten gedachten Lote, also $A_1 B_1$ der Fig. 52, der „Winkel“ BAC der in der angenommenen Horizontalebene mit der „Winkleinheit“ verglichene Winkel $B_1 A_1 C_1$, den man im Gegensatz zum „Höhenwinkel“ (s. Kap. E. I. 4), als „Horizontalwinkel“ oder „Lagewinkel“ bezeichnet. Erhebungen

und Senkungen der Geländeoberfläche bleiben hiernach ohne Einfluß auf die Lage-messung; aufgenommene Flächen fallen also im Lageplan, der nur die Projektion wiedergibt, kleiner aus, als sie infolge ihrer natürlichen schiefen Lage oft in Wirklichkeit sind. Diese Abweichung ist aus zeichnerischen Gründen nicht zu umgehen, sie ist aber auch z. B. vom wirtschaftlichen Standpunkte aus belanglos, weil erfahrungsgemäß auf einer schrägen Fläche kein merklich größerer landwirtschaftlicher Ertrag gewonnen wird als auf ihrer horizontalen Projektion.

Fig. 52.

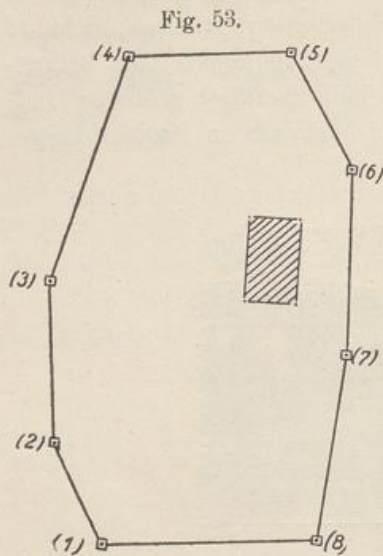


Sehen wir zunächst von der Lagebestimmung solcher Bodenpunkte ab, die lediglich für „Höhenaufnahmen“ (s. Teil II des Werkes) in Betracht kommen, so liegt in der Regel die Aufgabe vor, die Grenzen eines oder mehrerer im Zusammenhange liegender Grundstücke samt etwa aufstehender Gebäude oder irgendwelcher Bauanlagen zur Aufmessung und Darstellung zu bringen.

Man begeht vorab die Umringungsgrenzen der einzelnen Flächen und stellt deren Grenzpunkte fest, die geradlinig miteinander verbunden, den „Grenzzug“ bilden. Die Eigentumsgrenzen (s. S. 9) werden zumeist schon durch Steine, Pfähle, Grenzbäume oder dergl. vermarktet sein. Da, wo ein Rain, ein Graben, eine Hecke, ein Wall, ein Zaun, eine Mauer ohne weitere besondere Vermarkung die Grenze anzeigt, kann die Mitte oder die innere oder äußere Seite der Anlage die Grenzlinie sein, was gegebenenfalls unter Zuziehung des benachbarten Grundeigentümers festzustellen ist. Sind die Grenzverhältnisse geklärt, so können auch hier mit Zustimmung der beiden Nachbarn Steine oder Pfähle gesetzt werden, siehe hierzu die Anm. Seite 9.

Auf diese dauernd vermarkten oder nur durch kleine Pfähle vorübergehend bezeichneten Grenzpunkte kommt es bei der weiteren Aufnahme an. Um hier keinen der Punkte zu übergehen, empfiehlt es sich, jeden Stein usw. durch einen Pfahl mit fortlaufender Nummer (Fig. 22) kenntlich zu machen. Inzwischen

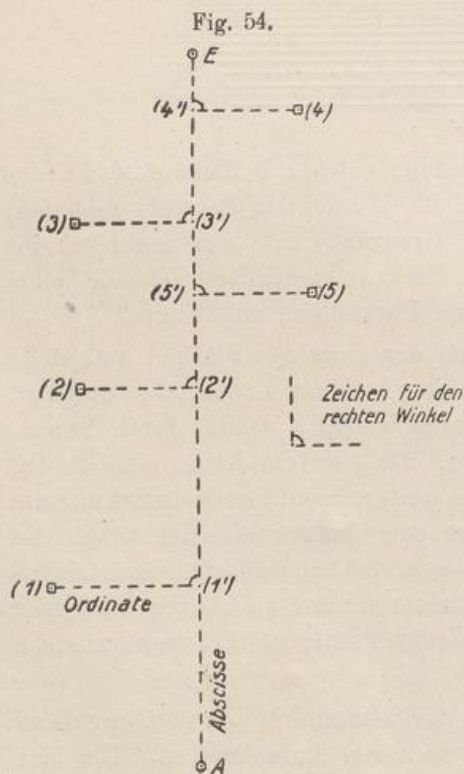
zeichnet man die Punkte mit den Nummern in eine kleine Skizze (Fig. 53) auf einem Blatt Schreibpapier, um hiernach das Feldbuch, von dem noch die Rede sein wird, vorzubereiten. Sind Gebäude und Bauwerke vorhanden, so sind auch diese mit wenigen Strichen zu skizzieren.



Bei der nunmehr vorzunehmenden Aufmessung hat man je nach der Ausdehnung und Gestaltung der Grundstücksflächen zu unterscheiden zwischen einfachen und zusammengesetzten Linien-Aufnahmen und sogenannten Polygonaufmessungen.

Auf die Schaffung und Verwendung von „Trigonometrischen Festpunkten“ soll hier mit Rücksicht auf diese dem Bau-Ingenieur oder Techniker kaum begegnende Aufgabe abgesehen werden. Im Bedarfsfalle sei auf das Handbuch von Prof. Dr. Ing. Hohenner: „Geodäsie“ verwiesen, das im Verlage von B. G. Teubner in Leipzig erschienen ist.

I. Einfache Linien-Aufnahme.



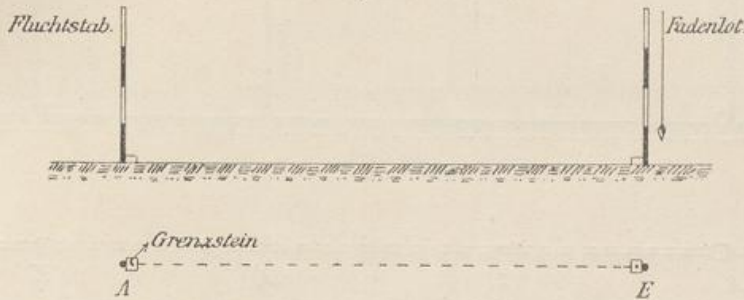
Werden auf eine gerade Linie A E (Fig. 54) von den Grenzpunkten (1), (2), (3) . . . die Senkrechten (1) (1'), (2) (2'), (3) (3') . . . gefällt, so nennt man diese die „Ordinaten“ und die Entfernungen A (1'), A (2'), A (3') . . ., vom Anfangspunkte A der Linie A E bis zu den Fußpunkten der betreffenden Senkrechten gerechnet, die „Abszissen“ der Punkte (1), (2), (3) . . . Sind Abszissen und Ordinaten oder die „Koordinaten“ ihrer Länge nach bekannt, so ist die Lage der Punkte (1), (2), (3) . . . unzweideutig bestimmt, und man besitzt in diesem Vorgange das einfachste Mittel, die gestellten Aufgaben der Lagemessung zu lösen.

Wie ohne weiteres ersichtlich, gehört hierzu nicht nur die Kenntnis der Werkzeuge für die Messung der Längen und für die Absteckung der Fußpunkte der Ordinaten, sondern auch die Kenntnis der Regeln, die beim Gebrauche der Instrumente zu beachten sind.

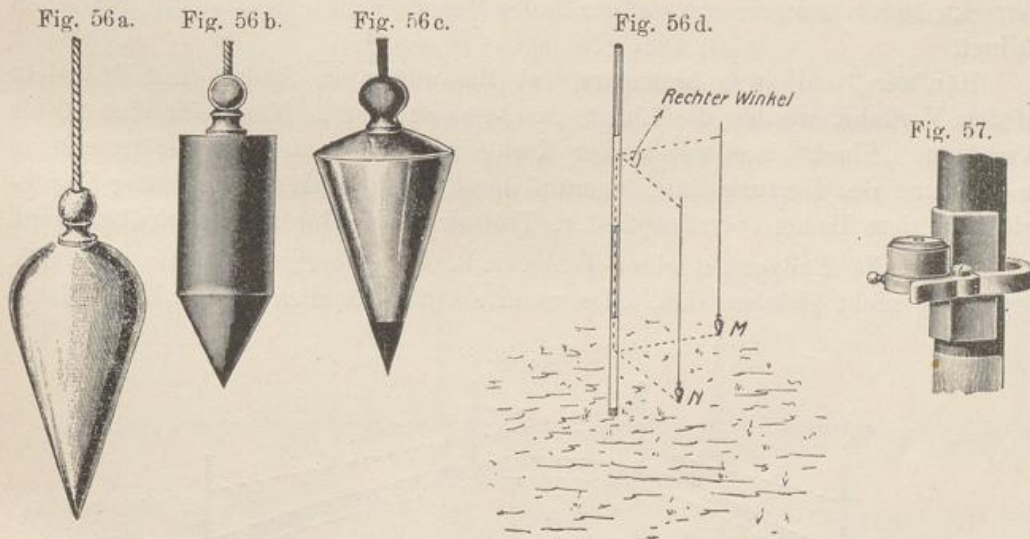
1. Absteckung der zu messenden Linie.

Zur Bestimmung der Entfernung zwischen zwei Punkten wird die zu messende Strecke in der Regel durch Fluchtstäbe (s. S. 14) kenntlich gemacht. Ist die Strecke kurz, so genügt es, wenn man nur die beiden gegebenen Punkte als Endpunkte durch Fluchtstäbe bezeichnet (Fig. 55), doch werden Abscissen-

Fig. 55.



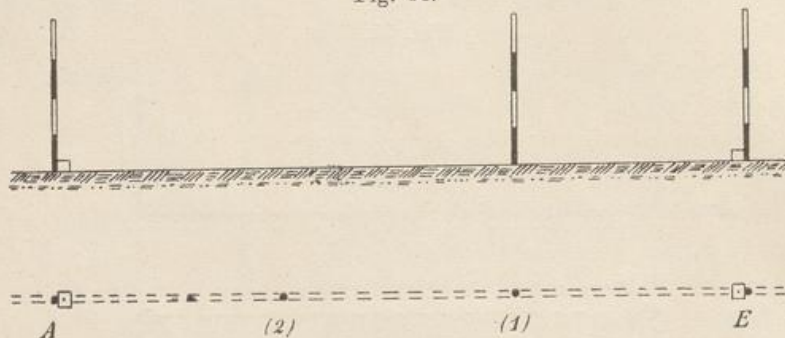
linien wenigstens durch 3 Stäbe „ausgesteckt“. Eine lotrechte Stellung der Fluchtstäbe wird hierbei mit Hilfe eines „Fadenlotes“ (s. Fig. 56a, b, c) herbeigeführt. Man geht in der Weise vor, daß man von zwei etwa senkrecht zueinander stehenden Stellungen (M und N) aus den Stab durch Zielen entlang der Lotsehnur in die lotrechte Lage bringt (s. Fig. 56d). Ein anderes gleichfalls einfaches Hilfsmittel ist die in Fig. 57 dargestellte „Dosenlibelle“ (s. S. 82 usw.) mit Federklemmhebel, der um den Fluchtstab gelegt wird.



Die Einfügung weiterer Stäbe zwischen den beiden Endpunkten nennt man das „Ausfluchten“ der Linie. Es geschieht durch Einrichten von einem Endpunkte aus, wenn dieser zugänglich ist und wenn von ihm aus der Fluchtstab auf dem anderen Endpunkte zu sehen ist. Sobald die Fluchtstäbe auf den beiden Endpunkten mit dem Fadenlote oder der Vorrichtung nach Fig. 57 eingelotet sind, stellt man sich einige Meter hinter A (Fig. 58) und weist einen von einem Gehilfen lotrecht gehaltenen Stab (1) in die Linie A E ein. Dies geschieht in

der Weise, daß man mit dem Auge, erforderlichenfalls unter Zuhilfenahme eines Feldstechers, bald an der linken bald an der rechten Seite des Stabes A nach E vorbeizieht, bis der Stab (1) genau in der Richtung A E steht. Wird nun der Stab (1) fest in den Boden gestoßen, eingelotet, und nach einer

Fig. 58.



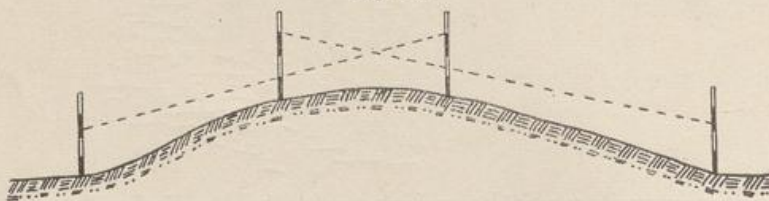
erneuten Prüfung seine Lage für richtig befunden, so wird in der gleichen Weise der Stab (2) usw. eingefluchtet. Den Abstand der einzelnen Stäbe wählt man etwa zu 30 bis 60 m.

Selten und dann nur für Längenbestimmungen mit Hilfe der Meßblatten (s. S. 31 und S. 50) wird die Linie noch weiter unmittelbar durch Ziehen einer „Fluchtleine“ sichtbar gemacht. Hierzu wird eine feste 2 bis 3 mm starke Hanfschnur bei A (Fig. 58) an einem Pfählchen befestigt und in der Linie gestreckt, indem man sie um weitere in der Messungslinie eingefluchtete Pfählchen schlingt.

Häufiger, und zwar besonders bei Messungen in Städten mit Rücksicht auf den Verkehr, werden die Linien „ausgeschnürt“. Man reibt eine 20 bis 25 m lange „Fluchtleine“ mit weißer Kreide gut ein und spannt sie genau in die Richtung der Messungslinie, worauf durch Schnurschlag ein scharfer Kreidestrich auf dem Boden (Straßenpflaster, Trottoir oder Bordstein) erhalten wird.

Wenn die Endpunkte einer Linie, z. B. im gebirgigen Terrain (Fig. 59), gegenseitig nicht sichtbar sind, oder wenn sie unzugänglich sind, wie bei Haus-

Fig. 59.



ecken (Fig. 60), dann werden Zwischenpunkte durch fortgesetztes „Einweisen“ eingeschaltet. Hierzu stellt man sich (Fig. 61) annähernd in der Linie A E bei 1^a so auf, daß man E gut sieht, und weist einen Gehilfen mit einem Stabe bei 2^a in die Richtung nach E ein. Der Gehilfe hat die Stelle für 2^a so gewählt, daß er selbst den Fluchtstab bei A sehen kann. Nun weist der Gehilfe den Stab des ersten Beobachters nach A ein, bei 1^b , dieser wiederum den Gehilfen

in 2^b und so fort, bis schließlich die beiden Fluchtstäbe in 1 und 2 der Geraden A E stehen.

Fig. 60.

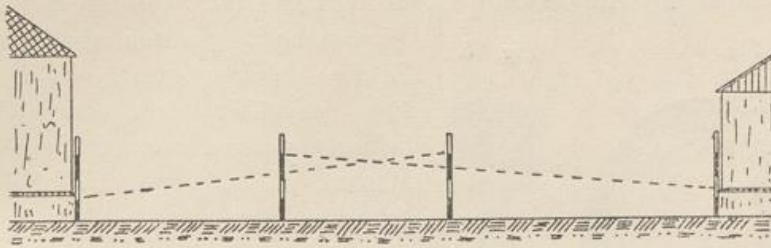
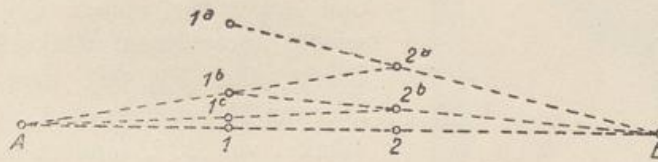


Fig. 61.



Die Bestimmung von Zwischenpunkten läßt sich auch mit Hilfe der im Abschnitt 2 S. 29 beschriebenen „Doppelprismen“ oft mit genügender Schärfe durchführen, wenn nur von dem gewählten Standpunkte aus die Bilder der Fluchtstäbe von A und E im Instrumente zur Deckung gebracht werden, was für längere Linien nur in ebenem Gelände möglich ist.

Die oft vorkommende Aufgabe, eine Linie über einen Endpunkt, etwa über E zu verlängern, wird derart gelöst, daß man die Stäbe 1, 2, 3, . . . nacheinander durch links- und rechtsseitiges Zielen über E und A in die Linie einfluchtet (Fig. 62). Wenn es sich hierbei um Abscissenlinien handelt, sind diese, was meist gelingt, so zu legen, daß ihre Verlängerungen nicht auf Hindernisse (Bäume, Gebäude, Wasserflächen usw.) treffen, weil letztere die weiteren Arbeiten unnötig erschweren.

Fig. 62.



Lange in ungünstigem Terrain, besonders im Gebirge zu legende Linien sind in der Regel am genauesten und schnellsten mit Hilfe eines „Theodolits“ (siehe „Tracieren“ im Teile II des „Feldmessens“) abzustecken.

2. Instrumente zur Absteckung von konstanten oder festen Winkeln.

Die Absteckung der bei der Koordinatenmethode (S. 18) erforderlichen Senkrechten oder Ordinaten auf der Abscissenlinie (A E Fig. 54) geschieht durch besonders hergerichtete kleine handliche Instrumente, von denen der Winkelkopf, der Winkelspiegel und das Winkelprisma nachstehend beschrieben werden.

a) Winkelkopf.

Der Winkelkopf, ein runder (Fig. 63) oder eckiger (Fig. 64) geschlossener Messingzylinder mit Aufsteckhülse, hat in der Längsrichtung vier etwa 0,3 bis 0,5 mm breite Spalten als „Abseh- oder Zielvorrichtungen“, von denen je zwei sich gegenüberstehen und sich mit den beiden anderen genau unter einem rechten Winkel, d. h. einem Winkel von 90° schneiden.

Fig. 63.

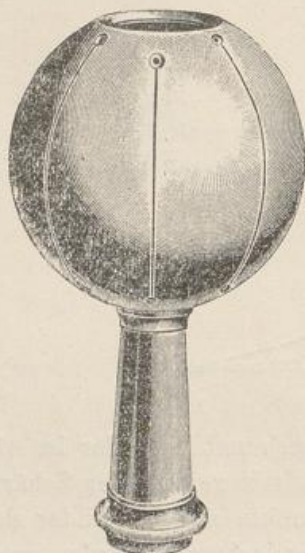


Fig. 65.



In der Regel hat die Winkeltrommel noch 4 weitere Absehvorrchtungen, Spalten und gegenüberliegende Fäden, die selbst wieder unter einem Winkel von 90° angebracht sind (Fig. 64), gegen die ersteren aber um 45° gedreht sind, so daß nicht nur Winkel von 90° , sondern auch solche von 45° abgesteckt werden können.

Der Winkelkopf sitzt beim Gebrauch auf einem 1,5 m langen Stabe mit einer eisernen Spitze (Fig. 65), auf dessen oberem Ende die konisch zulaufende Hülse, in der das Instrument für sich drehbar ist, aufgesteckt wird.

Da der rechte Winkel für die Ordinaten (Fig. 54) auf der angenommenen „Horizontalebene“ (S. 16) gemessen wird, muß der Stab bei der Absteckung in die Lotrichtung des Ordinaten-Fußpunkts ge-

Fig. 64.

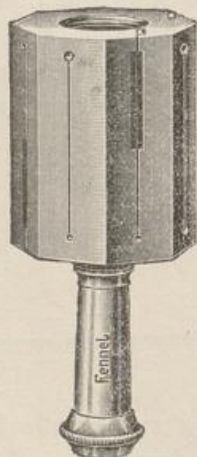
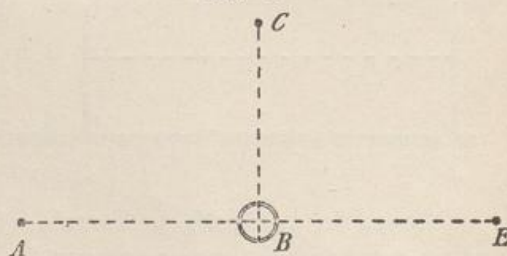


Fig. 66.



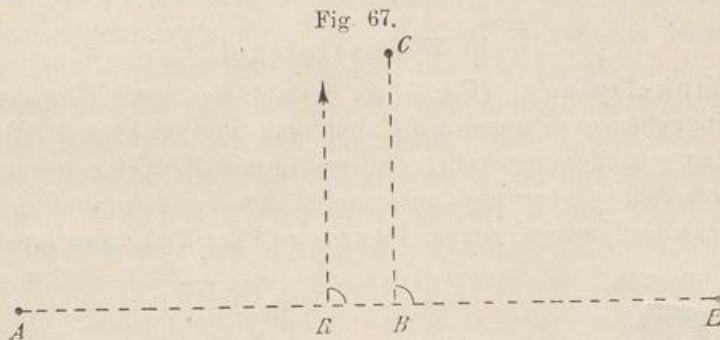
stellt werden, was mit Hilfe eines „Fadenlotes“ (Fig. 56) nach Seite 19 und Fig. 56d geschieht.

Größere Winkelköpfe sind als „Winkeltrommeln“ mit einer Gradteilung versehen und haben meist eine „Dosenlibelle“, deren einspielende Blase die lotrechte Stellung des Stabes und damit auch der Visierspalten des Instrumentes verbürgt; siehe hierüber Abschnitt III, 4 a. Seite 81.

Soll im Punkte B der Abscissenlinie A E (Fig. 66) eine Ordinate „abge-

steckt“ werden, so wird der Winkelkopf in diesem Punkte lotrecht aufgestellt. Bringt man sodann durch vorsichtiges Drehen eine der Abseh- oder Visiervorrichtungen in die Gerade AE und läßt in der Richtung der anderen, zu der ersteren senkrechten Visierlinie einen Stab C stecken, so steht CB auf der Geraden AE senkrecht.

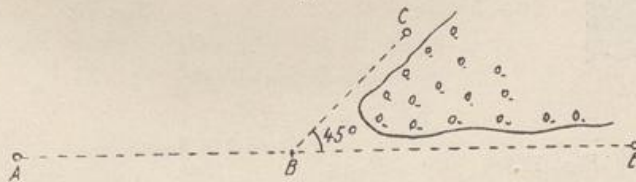
Bei der „Aufmessung“ liegt jedoch stets der Fall vor, den Fußpunkt der Ordinate auf der Abscissenlinie für gegebene Punkte zu bestimmen. Dann ist zunächst der Fußpunkt nach Augenmaß, etwa in R der Fig. 67, zu ermitteln. Stellt man sodann das Instrument in R auf, und fällt der Punkt C nicht in die Visier-



linie, dann wird das Instrument in der Abscissenlinie solange verschoben, bis der Punkt C in der zweiten Visierlinie liegt.

Die Absteckung eines Winkels von 45° , die bisweilen für Aufmessungen (s. Seite 57), weniger für Absteckungen von Bedeutung ist, wird unter Benutzung der sich unter 45° schneidenden Visiervorrichtungen genau in der vorgeschriebenen Weise bewerkstelligt (s. Fig. 68).

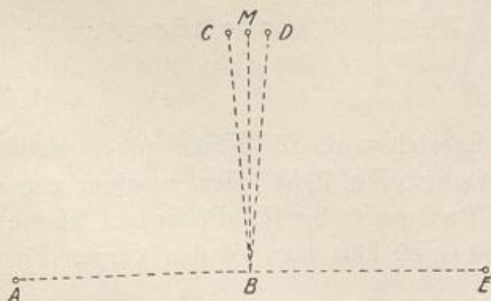
Fig. 68.



Die Winkelköpfe werden vom Mechaniker fast immer in der erforderlichen Genauigkeit angefertigt. Eine Nachprüfung der senkrechten Stellung der beiden

Absehlilien kann, wie nachstehend angegeben, geschehen. Man stellt das Instrument in der Mitte einer etwa 100 m langen Linie AE lotrecht auf, steckt die Senkrechte BC rd. 50 m lang ab und bezeichnet C durch einen Fluchtstab (Fig. 69). Dreht man nun den Winkelkopf in der Hülse (s. S. 22) um 90° , so daß die Zielvorrichtungen vertauscht werden, und steckt noch einmal die Senk-

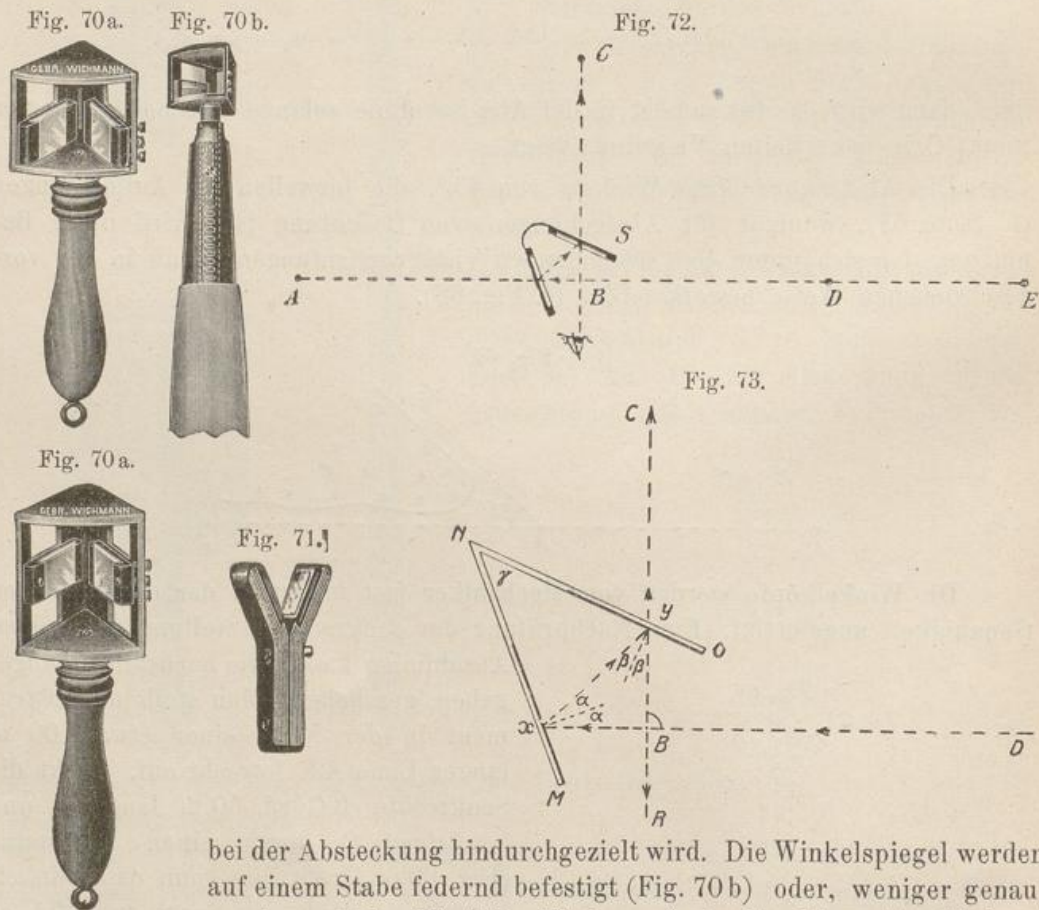
Fig. 69.



rechte ab, so ist das Instrument richtig, wenn die zweite Senkrechte gleichfalls den Punkt C trifft. Ist letzteres nicht der Fall, so stellt man neben dem ersten Fluchtstabe einen zweiten Stab (D Fig. 69) in der neuen Richtung auf. Halbiert man die Entfernung CD und bezeichnet den Halbierungspunkt M durch einen dritten Fluchtstab, so ist MB die richtige Senkrechte. Beträgt der halbe Abstand von CD, wenn BM rd. 50 m lang ist, nicht mehr als etwa 3 cm, so ist das Instrument als fehlerfrei zu bezeichnen. Bei einem größeren Betrage ist das Instrument — vorausgesetzt, daß eine sorgfältige Untersuchung stattgefunden hat — dem Mechaniker zur Verfügung zu stellen, da eine Berichtigung nur durch diesen vorgenommen werden kann.

b) Winkelspiegel.

Der Winkelspiegel (Fig. 70a) besteht aus zwei Glasspiegeln, die in einem Messinggehäuse so angebracht sind, daß ihre nicht mit Spiegelmasse belegten Flächen einander zugekehrt sind und einen Winkel von genau 45° bzw. $22\frac{1}{2}^\circ$ einschließen. Ueber und auch unter den Spiegeln sind in dem Gehäuse meist längliche Oeffnungen, sogen. Fenster (Fig. 70a), ausgespart, durch die



bei der Absteckung hindurchgezielt wird. Die Winkelspiegel werden auf einem Stabe federnd befestigt (Fig. 70b) oder, weniger genau, an einem Holzgriffe (Fig. 70a) aus freier Hand benutzt. Kleinere Konstruktionen (Fig. 71), ohne Fenster und Griff, hält man an den kurzen Fortsätzen der Metallbacken.

Beim Gebrauch wird der Winkelspiegel (die Spiegelfläche lotrecht) über dem Punkte B (Fig. 72) der durch Fluchtstäbe abgesteckten Linie A E so gehalten, daß man in einen der beiden Spiegel hineinsehen kann. Hier erblickt man den Fluchtstab von E, oder, wenn in der Linie mehrere Stäbe stehen, den dem Spiegel zunächst liegenden Stab, z. B. D der Fig. 72 (die anderen Fluchtstäbe bleiben durch diesen verdeckt). Weist man nun durch das Fenster über den Spiegel S hinweg, in welchem man hineinsieht, einen Fluchtstab in C derart ein, daß dieser sich mit dem im Spiegel gesehnen genau deckt, so steht C B senkrecht auf A E, d. h. Winkel $CBE = CBA = 90^\circ$, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Spiegelflächen einen Winkel von 45° einschließen.

Ist C ein gegebener Punkt, dessen Senkrechte auf A E bestimmt werden soll, so findet man B, indem man sich mit dem Instrumente in der Geraden A E so lange hin und her bewegt, bis das Spiegelbild des Fluchtstabes in der Geraden mit dem Stabe in C zur Deckung gelangt.

Die Wirkungsweise des Winkelspiegels beruht auf der Brechung (Reflexion) der Lichtstrahlen. Der von D kommende Lichtstrahl (Fig. 73) wird durch den Spiegel M N von x nach y des Spiegels N O geworfen und von diesem nach R, wo das Auge des Beobachters den Fluchtstab D in der Richtung R C zu sehen scheint. Da die Strahlen D x und C R sich in B, dem Fußpunkte der Ordinate für den Punkt C, schneiden, ist der Beweis zu liefern, daß der Winkel C B D 90° beträgt, wenn der Winkel M N O, wie oben angegeben, 45° groß ist.

Errichtet man in x und y auf den betreffenden Spiegelflächen Senkrechte, so sind, da nach den Spiegelungsgesetzen der einfallende und der zurückgeworfene Strahl mit diesen Senkrechten gleiche Winkel bildet, auch ihre Ergänzungen zu 90° gleich, d. h. in der Figur $\alpha = \alpha$ bzw. $\beta = \beta$. Dann ist in dem Dreiecke N x y:

$$\gamma + (90 - \alpha) + (90 - \beta) = 180^\circ$$

daraus:

$$\gamma - \alpha - \beta = 0$$

und

$$\gamma = \alpha + \beta.$$

Ferner ist als Außenwinkel für das Dreieck B x y:

$$C B D = 2\alpha + 2\beta$$

oder da

$$2\gamma = 2\alpha + 2\beta$$

$$\text{Winkel } C B D = 2\gamma.$$

Wenn nun die beiden Spiegelflächen einen Winkel $\gamma = 45^\circ$ einschließen, dann ist:

$$C B D = 2 \cdot 45^\circ = 90^\circ,$$

und damit der geforderte Beweis gegeben.

Wird, um den Winkel von 45° abzustecken (Fig. 68), $\gamma = 22\frac{1}{2}^\circ$ gesetzt, so ist:

$$C B D = 2 \cdot 22\frac{1}{2}^\circ = 45^\circ.$$

Die Richtigkeit des Winkelspiegels (für 90°) wird, wie beim Winkelkopf (S. 23) geprüft. Man steckt zunächst in B, wie oben angegeben, den Punkt C ab (Fig. 69), dann dreht man den Spiegel so, daß man das Bild des Fluchtstabes in der Richtung von A erblickt und steckt die Senkrechte nochmals in B ab. Das Instrument ist richtig, wenn in beiden Fällen die gleiche Senkrechte B C gewonnen wird. Ergibt die zweite Absteckung den Punkt D, so bestimmt man auch hier wieder die Mitte M der Entfernung C D nach Fig. 69, stellt in M einen Fluchtstab auf und berichtigt die Stellung der Spiegelflächen

zu einander mittels der seitlich vorhandenen Stellschrauben (Fig. 70a u. 71), indem man die Richtung BM als maßgebend anhält.

c) Winkelprisma.

α) Da die Glasspiegel bei den vorgeschriebenen Winkelspiegeln leicht ihre Lage verändern, hat man sie zu einem vollen Glaskörper von der nachstehenden Form (Fig. 74 u. Fig. 74a u. b mit besonders großem Gesichtsfelde) verschmolzen. Der Strahlengang dieser „Pentagonprismen“ ist für $\gamma = 45^\circ$ im wesentlichen



Fig. 75.

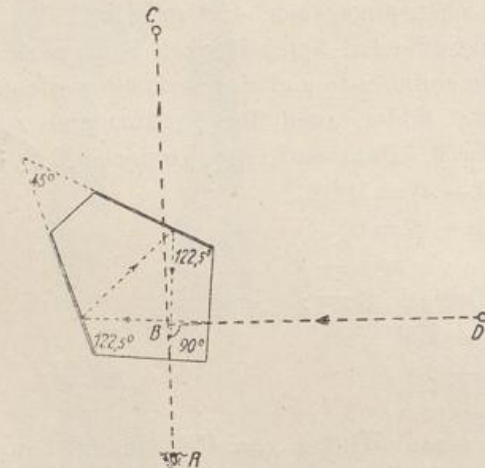
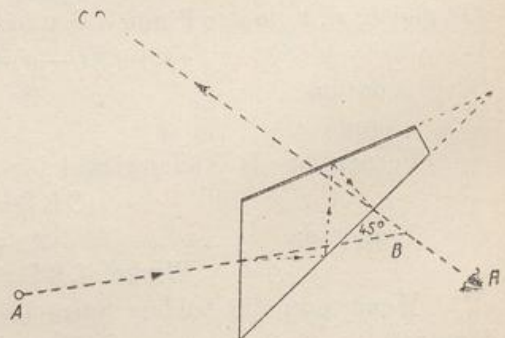


Fig. 77.



(s. Fig. 75) der gleiche, wie ihn die Fig. 73 für den Winkelspiegel angibt. Abweichend ist der Verlauf der Strahlen für ein solches Instrument mit $\gamma = 22\frac{1}{2}^\circ$ (Fig. 76), der, siehe Fig. 77, zum Teil auf totaler Reflexion beruht, wie bei dem nachstehenden einfachen Winkelprisma gezeigt werden wird.

β) Das Winkelprisma von Bauernfeind (Fig. 78) ist, wie die Winkeltrommel und die Pentagonprismen, in seinen Angaben unveränderlich. Es ist nur für die Absteckung von rechten Winkeln anwendbar und besteht aus einem dreiseitigen Glasprisma (Fig. 79) mit einem rechten Winkel bei S und einem halben Rechten bei P und R und ist gleichfalls in einem Metallgehäuse mit kurzem Messinggriff (Fig. 78) gefaßt. Die Hypotenusenfläche ist mit einem Spiegelbelag versehen.

Die Absteckungsweise ist die gleiche wie bei dem Winkelspiegel. Beim Gebrauche (Fig. 79) wird PR ungefähr parallel zur Abscissenlinie AE gehalten.

Fig. 78.

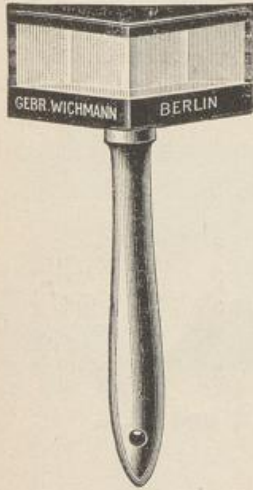
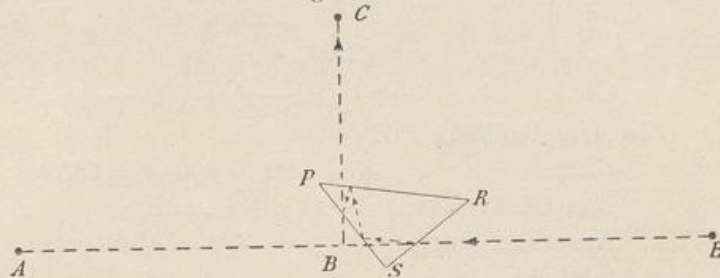


Fig. 79.

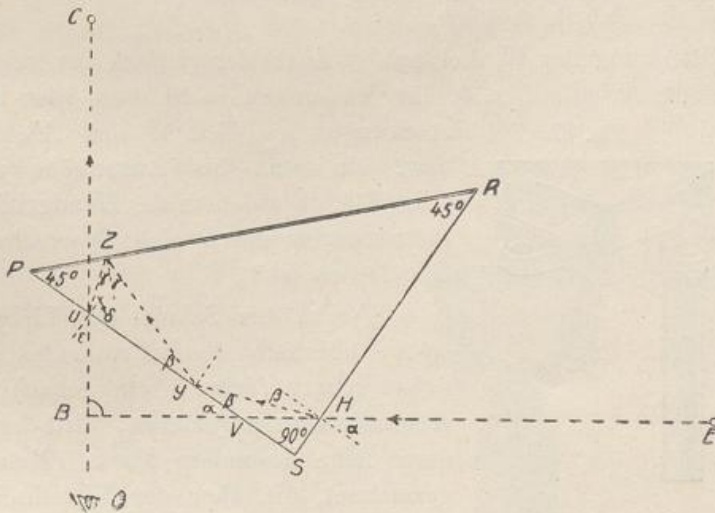


Schaut man in die linke Seite PS des Prismas, so sieht man den rechtsliegenden Fluchtstab der Linie, sieht man in die rechte SR, so erblickt man den zur linken Seite stehenden Stab. Dazu sei bemerkt, daß die richtigen Bilder der Fluchtstäbe auch dann im Prisma feststehend sind, wenn man das Prisma ein wenig um den Handgriff dreht,

zum Unterschied gegen solche, die etwas heller erscheinen und bei der Drehung sich verschieben oder ganz verschwinden.

Der Beweis für die rechtwinklige Kreuzung der Lichtstrahlen ist folgender. Nach Fig. 80, bei der (s. o.) die Hypotenuse des Winkelprismas annähernd parallel zur Messungslinie gestellt ist, wird das Bild des Fluchtstabes E gemäß den Brechungsgesetzen des Lichts beim Eintritt in das Glas der auf der Kathete SR (Fig. 80)

Fig. 80.



an der Eintrittsstelle H gezeichneten Senkrechten (Einfallslot) genähert und gelangt zur anderen Kathete SP nach y. Hier wird das Bild gemäß dem Gesetze der „totalen Reflexion“ zur Hypotenuse nach z zurückgeworfen, wo es abermals auf der Spiegelfläche PR zur Kathete PS reflektiert wird. Von hier aus gehen die Strahlen des Bildes in die freie Luft, wobei sie um das gleiche

Maß wie beim Eintritt in das Glas vom Einfallslot abgelenkt werden, und gelangen ins Auge bei O. Das Auge sieht den Fluchtstab von E in der Richtung nach C, die in B auf BE senkrecht stehen muß.

Wird die Fig. 80 durch Eintragung der leicht zu verfolgenden Buchstaben α , β , γ , δ und ε ergänzt, so ist in dem Dreiecke P Z u:

$$\text{Gl. 1.} \quad 45^\circ + (90 - \gamma) + (90 - \delta) = 180^\circ;$$

In dem Dreiecke P Z y:

$$\text{Gl. 2.} \quad 45 + (90 + \gamma) + \beta = 180^\circ;$$

$$\text{Aus Gl. 1 folgt:} \quad \gamma + \delta = 45^\circ;$$

$$\text{Aus Gl. 2 folgt:} \quad \gamma + \beta = 45^\circ$$

$$\text{folglich:} \quad \delta = \beta.$$

Gemäß den Brechungsgesetzen der Lichtstrahlen ist nun:

$$\text{Gl. 3.} \quad \sin \alpha = n \cdot \sin \beta$$

$$\text{und Gl. 4} \quad \sin \varepsilon = n \cdot \sin \delta$$

Da aber, wie oben bewiesen wurde, $\delta = \beta$ ist, folgt aus Gl. 3 und Gl. 4

$$\alpha = \varepsilon.$$

Weiter ist schließlich im Dreieck B u v:

$$\begin{aligned} \text{Winkel u B v} = \text{C B E} &= 180 - (90 - \varepsilon) - \alpha \\ &= 90 + \varepsilon - \alpha \end{aligned}$$

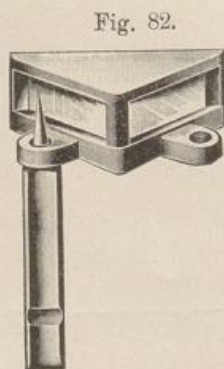
und da

$$\varepsilon = \alpha$$

$$\text{Winkel C B D} = 90^\circ.$$

Eine Nachprüfung der Winkelprismen kann entsprechend den Angaben beim Winkelspiegel bzw. bei der Winkeltrommel erfolgen. Die Winkelprismen werden meist mit der erforderlichen Genauigkeit geschliffen; eine Berichtigung ist nur durch die Fabrik möglich.

Die Absteckung der Winkel erfolgt auch hier vielfach aus freier Hand, doch ist für genauere Arbeiten, z. B. für Messungen in Städten oder bei Kurvenabsteckungen (s. Teil II des „Feldmessens“) usw. ein Stab bis Augenhöhe zu empfehlen (Fig. 81), in welchem der Handgriff des Prismeninstrumentes durch eine Sperrschraube federnd eingelassen ist*).



γ) Um den Schnitt der Lichtstrahlen, der stets außerhalb des Instrumentes erfolgt, möglichst scharf (etwa 1 cm genau) auf die Abseissenlinie zu projizieren, wird der Schnittpunkt durch eine besondere Marke (Metallspitze) vorgezeichnet, die über der Mittellinie des Stabes angebracht ist (siehe Fig. 82). Derartige Prismen, nach den Angaben von Schellens, werden von der Firma R. Reiss in Liebenwerda (Sachsen) geliefert.

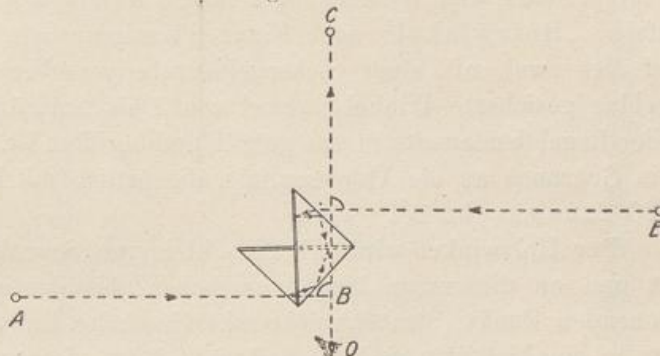
*) Ein sehr praktischer Lotstab mit kardanischer Aufhängevorrichtung nach Derbe wird neuerdings durch die Firma R. Reiß in Liebenwerda zum Preise von 12 M. hergestellt.

δ) Um die Absteckung des rechten Winkels gleichzeitig auf der Richtung BA und BE durchzuführen, werden im „Prismenkreuz“ von Bauernfeind zwei einfache rechtwinklige Winkelprismen übereinander angeordnet, wie die Fig. 83 angibt. Wenn die Strahlen der Fluchtstäbe von A und E sich selbst und mit C decken (Fig. 83a), dann steht nicht nur CB auf ABE senkrecht, sondern der Punkt B befindet sich wegen der Deckung von A und E auch hinreichend genau in der Ge-

Fig. 83.



Fig. 83a.



raden A E. Der letztere Umstand wird daher auch zur Bestimmung von Zwischenpunkten in einer Geraden benutzt (s. S. 21), deren Endpunkte durch Stäbe sichtbar gemacht sind. Das „Doppelpentagonprisma“ (Fig. 84), wie auch die Anordnung der Winkelprismen nach Schellens (Fig. 84a), wo der Schnittpunkt der Bildstrahlen durch einen Handgriff bzw. durch die

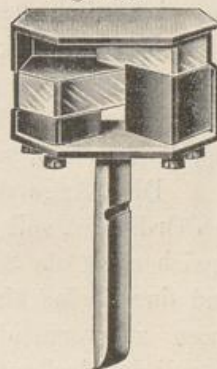
Stabmitte (wie oben) angegeben wird, können gleichfalls für denselben Zweck, wie das einfache Prismenkreuz benutzt werden.

Die beschriebenen Instrumente sind für die Ermittlung der Ordinatenfußpunkte praktisch gleichwertig. Die Genauigkeit der Absteckung hängt mehr von der Güte des Auges des Beobachters ab als von der Eigenart der betreffenden Vorrichtung. Eine Unterscheidung ist jedoch insofern zu machen, als Winkelprismen und Winkelspiegel nur in mehr ebenem Gelände brauchbar sind, wo bei der einzuhaltenden lotrechten Lage des Instruments (s. S. 22) die Bilder der Fluchtstäbe zur Deckung gebracht werden können. Bei hoch oder tief gelegenen Punkten, z. B. auch an Böschungen von Wegen, Eisenbahnen usw., oder wenn die Abscissenlinien in stark geneigtem Terrain verlaufen, so daß die in diesen stehenden Fluchtstäbe im Instrument nicht sichtbar werden, ist ihr Gebrauch ausgeschlossen. Hier ist der weniger handliche Winkelkopf mit großem Vorteil am Platze (s. auch S. 57 usw).

Fig. 84.



Fig. 84a.



Den Prismen gegenüber, die stets gebrauchsfertig sind, ist der Winkelspiegel im Nachteil, da eine öftere Nachprüfung desselben erforderlich ist, doch wird der geringe Preis (2,50 M bei der einfachen Ausführung nach Fig. 71) für die Anschaffung oft ausschlaggebend sein.

d) Holzwinkel usw.

Bei Straßenaufnahmen in Stadtteilen, in denen der freie Ausblick für Winkelprismen oder Winkelspiegel durch lebhaften Verkehr gestört wird, finden einfache „Holzwinkel“ nach Figur 85 mit großem Vorteile Verwendung. Es sind dies zwei mit einer Sicherheitsstrebeseite versehene und durch einen Metallbeschlag gesicherte Winkelschenkel von 1 bis 2 m Länge, von denen der längere in der Regel beiderseits in cm geteilt und beziffert ist. Man legt den Holzwinkel beim Gebrauch an die Abscissenlinie, die örtlich mit Hilfe einer Fluchtleine nach S. 20 „ausgeschnürt“ wird.

Der Holzwinkel wird mit dem kleineren Schenkel an den Kreidestrich gelegt und an diesem so lange verschoben, bis der andere Schenkel den aufzunehmenden Punkt (Straßenknickpunkt, Hausecke, Laterne, Hydrant usw.) berührt oder in die Richtung nach dem Punkte fällt. Im ersteren Falle liest man die Ordinate unmittelbar an der Schenkelteilung ab, im anderen Falle wird der Schenkel durch eine Meßplatte verlängert. Der Ordinatenfußpunkt selbst wird für die Abscissenmessung am besten durch einen Rotstiftstrich an der Kreide-

Fig. 85.

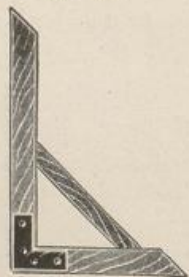
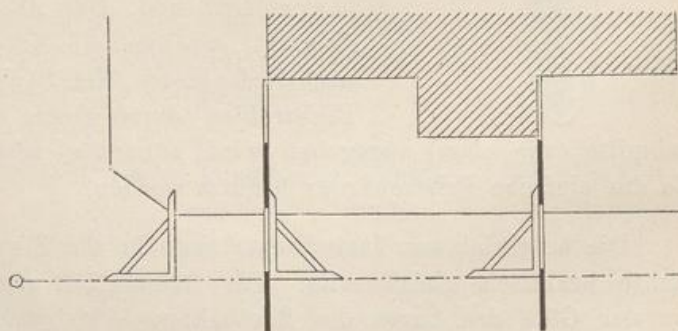


Fig. 86.



linie kenntlich gemacht. Die Fig. 86 zeigt den Vorgang bei der Aufmessung eines Straßenknickpunktes und zweier Hausecken.

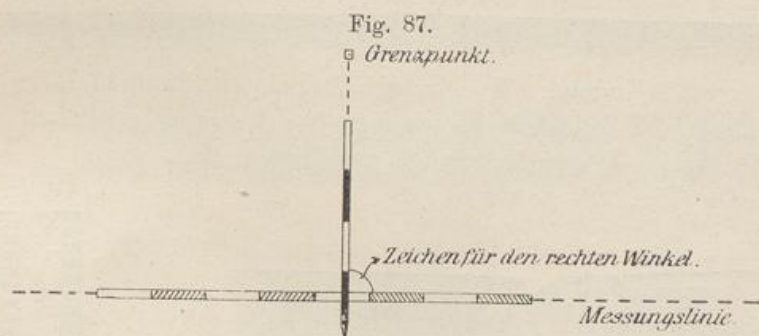
Diese Art der Winkelbestimmung hat sich nach den Angaben von Ottsen*) selbst in sehr verkehrsreichen Straßen von Berlin außerordentlich gut bewährt und läßt sich in sehr kurzer Zeit erledigen.

Die Länge der mit Hilfe der vorgenannten Winkelinstrumente abzusteckenden Ordinaten soll nicht über 50 m betragen, da sonst die Fußpunkte eine größere Unsicherheit als 3 bis 5 cm auf der Abscissenlinie erhalten. Größere Ordinaten sind durch eine hinreichende Zahl und eine geschickte Anordnung der Abscissenlinien zu vermeiden (s. a. S. 72 usw.). Zur Absteckung sehr langer Ordinatenlinien bedient man sich am besten eines „Theodolits“ (s. Absch. III. 4c). Handelt es sich dagegen um ganz kurze Senkrechte oder um Messungspunkte von

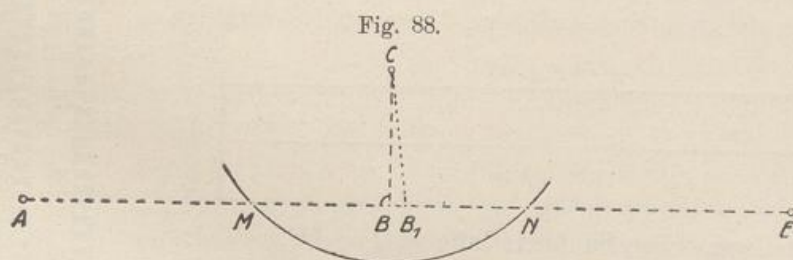
*) Siehe „Zeitschrift für Vermessungswesen“, Jahrgang 1888, S. 194.

geringer Bedeutung, so kann man den rechten Winkel mit Hilfe eines Fluchtstabes nach Augenmaß auf der Abscissenlinie absetzen, die direkt durch das auf dem Boden liegende Meßband oder durch eine Meßplatte (Fig. 87) bezeichnet wird.

Als einfaches Aushilfsmittel sei noch eine geometrische Konstruktion mitgeteilt, wenn die Lage des Punktes C gegeben und die



Ordinate höchstens 12 bis 13 m lang ist. Man setzt den Richtstab eines Meßbandes (s. S. 34) in C, ermittelt die Länge CB_1 nach Augenmaß senkrecht auf AE und beschreibt dann mit etwa $1,5 \cdot CB_1$ einen Kreisbogen um C (Fig. 88), der die Abscissenlinie AE in M und N



schneidet. Wird MN in B gemittelt, so ist B der gesuchte Fußpunkt und Winkel $CBA = CBE$ ein Rechter.

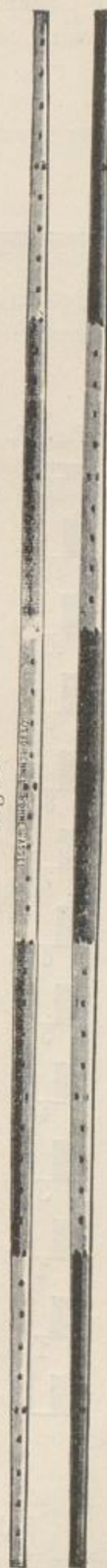
3. Längenmeßwerkzeuge.

Zur Messung der Entfernung zwischen zwei Punkten benutzt man Meßplatten und Meßbänder, selten Meßräder.

a) **Meßstangen** oder **Meßplatten** sind schmale, wenige cm starke Stangen aus gut getrocknetem, möglichst astfreiem Kiefern- oder Tannenholz von 3 m, meist aber 5 m Länge (Fig. 89) und rechteckigem oder ovalem Querschnitt. Die ein wenig zulaufenden Enden sind gegen Beschädigung mit einer Eisenblechkappe (Fig. 90 u. 91) geschützt. Bessere Latten haben keilförmige Endschnitten aus Stahl, wie in Fig. 91 und 92 zu sehen ist.

Um die Einwirkung der Feuchtigkeit möglichst zu verhindern, werden die Meßplatten in Leinöl getränkt und mit Oelfarbe gestrichen und zwar die einzelnen Meter abwechselnd verschieden farbig. Da man in

Fig. 89.



der Regel zwei Meßstangen verwendet, wird die eine weiß-rot, die andere weiß-schwarz gehalten; außerdem werden die vollen und halben Meter durch 1 oder

Fig. 90.

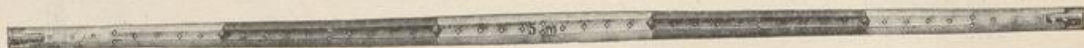


Fig. 91.



2 Messingstifte mit großen Kuppen, die einzelnen Dezimeter durch kleinere dergleichen Stifte bezeichnet. Zentimeter werden bei der Messung geschätzt oder mit Hilfe eines an der Meßstange gehaltenen Millimeterlineals (Fig. 93) bestimmt.

Fig. 94.

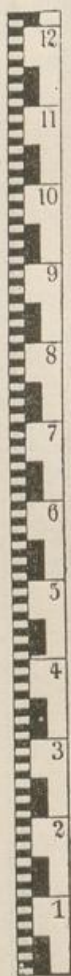
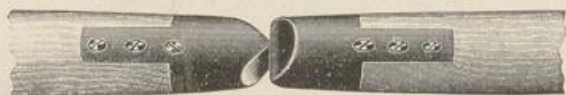


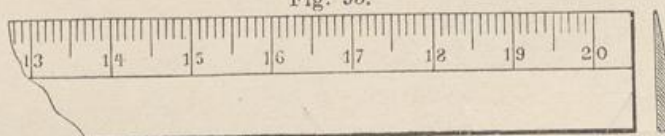
Fig. 92.



Auf dem Bauplatze werden mit Vorteil in cm geteilte Meßstäbe verwendet, wie sie die Figuren 94 u. 95 zeigen.

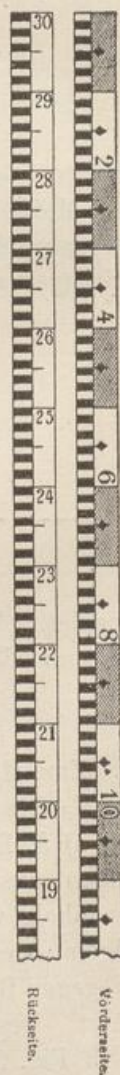
Die Meßplatten erhalten schon durch den Fabrikanten die gesetzlich zulässige Länge und sorgfältige

Fig. 93.



Unterteilung. Eine **Fünfmeterlatte** entspricht noch den Vorschriften der „Eichordnung für das deutsche Reich“ vom 8. November 1911, wenn ihre Gesamtlänge zwischen den Endschneiden oder Endbeschlägen gegen das „Urmaß“ bis um 4 mm abweicht, d. h. bis 4 mm zu lang oder zu kurz ist. Bei einer **Dreimeterlatte** darf die Differenz 2 mm betragen. Diese Abweichungen sind im öffentlichen Verkehr, z. B. für die Ermittlung von Straßenlängen oder für Kostenberechnungen und dergl. zulässig. Für die Zwecke der Feldmessung sind die Abweichungen zu groß und nach der „Preußischen Kataster-Anweisung X § 23 zu höchstens 1,6 mm und 1,3 mm für eine Meßplatte von 5 m bzw. 3 m anzusetzen. Bis zu diesen Grenzabweichungen werden Latten auch meist im Handel abgegeben.

Fig. 95.



Falls eine Beschädigung und Reparatur der Meßplatten vorkommt, wird ein eigenhändiger Vergleich mit dem „Urmaß“ und zwar mit Hilfe von zwei auf

Seite 2 bereits erwähnten „Gebrauchs-Normalen“ oder kurz „Normalmetern“ (Fig. 96) ausgeführt, die man unter andern durch die Firma R. Reiß in Liebenwerda (Sachsen) mit einem Beglaubigungsschein der Kaiserl. Normal-Eichungskommission zu einem Preise von 15 M. mit Holzkasten (Fig. 97) erhält.

Fig. 96.

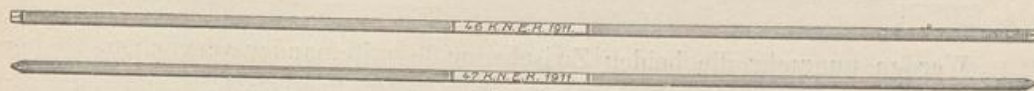
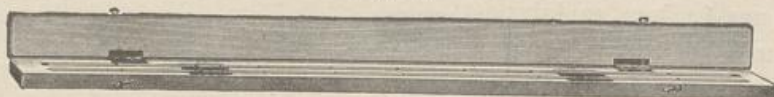


Fig. 97.



Die Normalmeter sind 8 mm starke, quadratische Stäbe aus Stahl mit keilförmig zugespitzten Endschnitten (Fig. 96). Ihre Länge darf nach den gesetzlichen Bestimmungen bei der Normaltemperatur von 18°C . um höchstens **0,04 mm** von der Solllänge „1 m“ abweichen.

Das „Beglaubigungsschreiben“ für die beiden Normalmeter in Fig. 96 hat folgenden Wortlaut:

„Die Prüfung ergab für die Abstände der durch Strichmarken gekennzeichneten Mitten der Endschnitten die folgenden Werte:

Stab „46“ = $1\text{ m} + 0,00\text{ mm} + 0,011 (T - 18^{\circ})\text{ mm}$,

Stab „47“ = $1\text{ m} + 0,00\text{ mm} + 0,011 (T - 18^{\circ})\text{ mm}$,

worin T die jeweilige Temperatur in Graden der Internationalen hundertteiligen Temperaturskala bezeichnet.“

Wie das Glied 0,00 mm (hinter 1 m der beiden Angaben) zeigt, sind die Normalmeter vom Mechaniker sehr sorgfältig angefertigt worden, da dieser Betrag 0,04 mm (s. oben) groß sein darf.

Zur Vergleichung, beispielsweise einer Fünfmeterlatte, wird die Meßlatte zunächst auf einen sauber abgefegten Holz-Fußboden in der Längsrichtung eines Brettes gelegt und mit der Endmitte gegen einen eingeschlagenen festen Nagel A (Fig. 98) ohne Kopf, der mit Hilfe eines Zeichendreiecks (s. Seite 129) senkrecht zur Unterlage gestellt wird, geschoben. Am anderen Ende der Latte wird gleichfalls ein Nagel B senkrecht in den Fußboden geschlagen, doch etwa

Fig. 98.



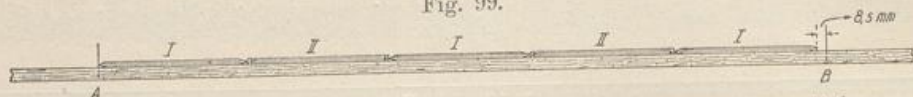
1 cm vom Lattenende entfernt, sodann wird zwischen diesem und dem Lattenende der Zwischenraum mit Zirkel und Maßstab ermittelt, z. B. hier zu 9,5 mm (s. Fig. 98).

Nach Entfernung der Meßlatte wird der Innenabstand der beiden unberührt stehenden Nägel mittels zweier „Normalmeter“ I und II gemessen, indem man bei A beginnend den Stab I auf der Verbindungslinie*) A-B vorsichtig gegen den Nagel führt, hierauf den Stab II gegen Stab I schiebt, sodann Stab I

*) Die Verbindungslinie wird durch einen geradlinigen Kreidestrich bezeichnet.

vorsichtig heraushebt und vor II setzt und so fort (siehe Fig. 99), bis 5 m abgemessen sind. Der kleine Zwischenraum bis B wird wieder mittels Zirkel und Maßstab ermittelt, z. B. 8,5 mm.

Fig. 99.



Werden nunmehr die beiden Zwischenmaße miteinander verglichen, so sagt die Differenz $8,5 - 9,5 = -1,0$ mm, daß die Fünfmeterlatte gegen das Vergleichsmaß um 1,0 mm zu kurz ist.

Sind mehrere Meßplatten zu vergleichen, so wird in derselben Weise, wie vor, für jede Latte der kurze Abstand vom Lattenende bis B abgegriffen, und weiter verfahren, wie gezeigt wurde.

In unserem Beispiele beträgt die Abweichung 1,0 mm, während 1,6 mm (siehe S. 32) erlaubt sind. Die Länge der Meßplatte entspricht demnach den Vorschriften der „Kataster-Anweisung X“. Wäre die Latte über das erlaubte Maß zu lang, so läßt sich durch Abfeilen der Endschneiden die Länge richtig stellen, wäre sie zu kurz, so ist der Fehler durch einen Mechaniker oder durch die Fabrik zu beseitigen.

b) Außer den Meßplatten, mit denen man meist auskommen kann, werden Bänder aus Federstahl von 15 bis 25 mm Breite und 0,3 bis 0,5 mm Stärke, sogen. „Meßbänder“ benutzt, die gewöhnlich in einer Länge von 20 m hergestellt werden. An den Enden sind drehbare Messingringe (Fig. 100) angebracht, die über $1\frac{1}{2}$ m lange hölzerne „Ziehstäbe“ (Fig. 100a) von etwa 30 mm Durchmesser gesteckt

Fig. 100.



werden. Die Ziehstäbe tragen an einem Ende eine eiserne Spitze, die man beim Messen in den Boden drückt, und über der Spitze einen kurzen Riegel, damit das Band nicht vom Stabe gleitet.

Auf dem Meßbände sind die vollen Meter durch aufgenietete große, die halben Meter durch kleine Messingscheiben, die einzelnen Dezimeter durch Messingnieten kenntlich gemacht. Bei 5, 10 und 15 m befinden sich meist große ovale Marken aus Kupferblech, von denen nach links oder rechts die Meterzahl verfolgt wird; eine Bezifferung der Meter ist gewöhn-

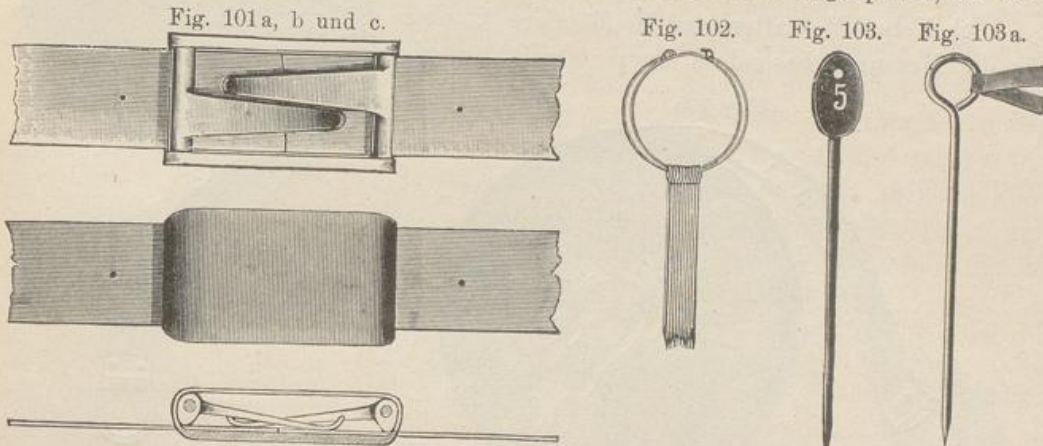
Fig. 100a.



lich nicht vorgesehen. Das Band wird außer Gebrauch auf einen eisernen Reifen (Fig. 100) gerollt.

Ein Bruch des Meßbandes kann sofort im Felde ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit mit Hilfe sogen. „Meßbandklemmen“ (siehe Fig. 101) beseitigt werden.

Zum Meßbande gehören noch 10 „Zählnadeln“ oder „Zähler (Fig. 102), d. h. 30 bis 40 cm lange und 5 mm starke an einem Ende zugespitzte, an dem



anderen zu einem Ringe gebogene eiserne Stäbchen, mit denen bei der Messung das Ende des Meßbandes auf dem Erdboden bezeichnet wird und die zum Zählen der vollen (20 m) Bandlängen dienen. Sehr zweckmäßig sind Zählnadeln mit weißen Nummerplatten und roten Zahlen (Fig. 103) oder Stäbchen mit kleinen roten Bandfähnchen nach Figur 103a, die beide leicht im Felde aufzufinden sind.

Nach der „Eichordnung“ beträgt die zulässige Abweichung bei einem **20 m langen Bandmaße 6 mm**, gemäß der „Kataster-Anweisung“ (s. S. 32) **3,5 mm**.

Zur Bestimmung der Länge eines Meßbandes werden wie bei den Meßlatten (s. S. 33) zunächst 2 Nägel in einer um 1 bis 2 cm größeren gegenseitigen Entfernung als 20 m in den Fußboden (langer Korridor oder Kegelbahn) geschlagen, zwischen diesen sodann, wie auf S. 34 angegeben, der Abstand mit Hilfe der Normalmeter und mit Zirkel und Maßstab bestimmt.

Zum Vergleich wird das abgerollte Band auf dem Boden gestreckt, die Mitte eines der Messingringe (s. S. 34), die durch eine eingefeilte Strichmarke

Fig. 104.



angegeben wird, an den Anschlagpunkt A der Fig. 104 gelegt und der Zwischenraum a von der Strichmarke des zweiten Endringes bis B der Fig. 104 mit Zirkel und Maßstab abgegriffen. Wird sodann die Differenz der beiden Zwischenabstände gebildet, so erhält man, wie bei den Meßlatten (S. 34), die vorhandene

Abweichung. Sind die Endringe bereits ausgeschliffen, so ist die Länge zwischen den Berührungstellen der Endringe mit den Richtstäben (Fig. 100a) gegen A u. B festzustellen und von dem so ermittelten Maße die mittlere Stärke der beiden Richtstäbe zu subtrahieren, die unmittelbar über den Riegeln (siehe Seite 34) gemessen wird*).

c) Neben Meßblättern und Meßbändern kommen für die Messung, besonders kurzer Ordinaten oder

Fig. 105.

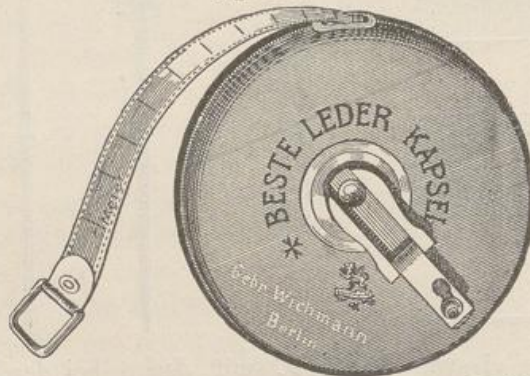
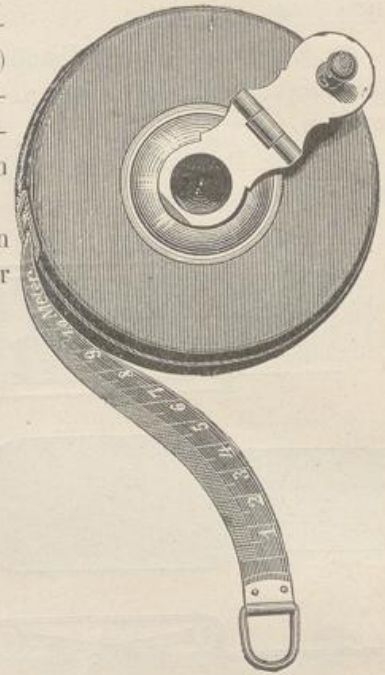


Fig. 106.



von Kontrollmaßen (siehe S. 63), kleine **Rollbandmaße** zur Anwendung, die aus Leinenbändern mit Drahteinlage (Fig. 105), besser aus einem dünnen, 1 cm

Fig. 107.

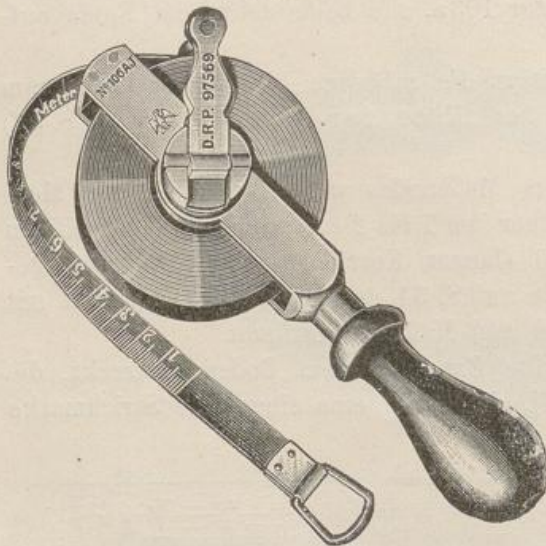
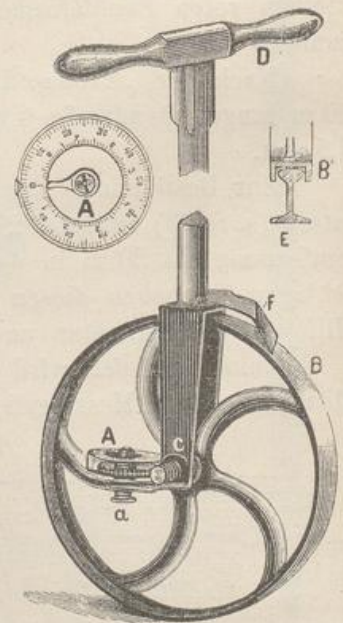


Fig. 108.



breiten Stahlbände von 10, 20 und 30 m Länge in einer geschlossenen Metallkapsel bestehen (siehe

*) Während des Druckes sind nach den Angaben des Verfassers von der Firma C. Sickler in Karlsruhe i. B. zwei Vorrichtungen zur einfachen Nachprüfung von Messlatten und Meßbändern konstruiert worden. Siehe auch Teil II des „Feldmessens“.

die Fig. 106). Einfacher im Gebrauch sind solche Maße mit einer Aufrollvorrichtung nach Fig. 107, die, wie die obigen, eine Einteilung nach m, dm und cm, auch wohl mm tragen.

d) **Meßräder** (siehe Fig. 108) werden in geringem Umfange zu Längenermittlungen benutzt. Da sie nur die tatsächlich abgerollte Länge angeben, kommt ihre Verwendung im Feldmessen höchstens für Kontrollmessungen in Betracht.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß die Genauigkeit der Messung wesentlich von der Bodenoberfläche abhängt. Auf losem Ackerboden, schlechten Wegen muß das Ergebnis viel ungenauer ausfallen als auf gepflegten Chausseen oder auf den Schienen der Eisenbahnen, wo das Meßrad für die Abmessung der Kilometersteine besonders geeignet ist. Weiteres über die Genauigkeit siehe S. 50.

Das in der Fig. 108 dargestellte Meßrad, von Wittmann in Wien konstruiert, hat einen Umfang von genau 1 m und besitzt ein Zählwerk A, an welchem die Anzahl der Umdrehungen und deren Teile abgelesen werden können. Das Zählwerk läßt sich durch die Schraube a auf Null einstellen.

Man führt das Rad an einer Handhabe D, nachdem man es auf den Anfangspunkt der zu messenden Linie gesetzt hat. Ein Blechstück F drückt gegen die Peripherie des Rades und säubert diese von etwa anhaftenden Bodenteilchen und Unreinigkeiten.

Für den Gebrauch auf Eisenbahnschienen wird das Rad mit einem Spurkranze B¹ versehen, wodurch eine sichere und bequeme Führung erreicht wird.

Für Längen bis 18 m ist ein kleines Meßrad, das „Grottometer“ (siehe Fig. 109) sehr zu empfehlen. Zwei Zifferblätter lassen das gesuchte Maß nach Meter, Dezimeter und Zentimeter bestimmen. Das Instrument wird auf einem Stabe befestigt und ist ein wertvoller Ersatz für das viel gebrauchte zusammenlegbare Metermaß (Zollstock), es hat aber den Vorzug, daß man, besonders bei Ermittlungen der Abmessungen von Bauwerken usw., ohne Anstrengung von sicherem Standpunkte aus jede gesuchte Länge, auch nach krummen Linien, feststellen kann.

Fig. 109.

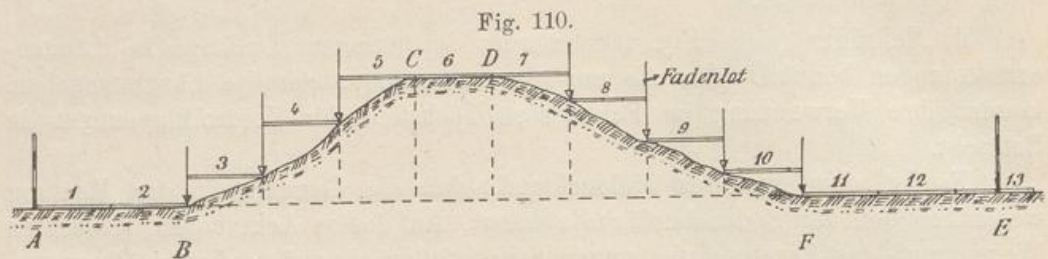


4. Die Längenmessung.

Ist die zu messende Strecke durch Fluchtstäbe, wie im Abschnitt E, S. 19, gezeigt wurde, sichtbar gemacht, so kann mit der Längenbestimmung begonnen werden. Dies geschieht durch fortlaufende Anreihung der Werkzeuglängen und zwar unmittelbar auf der Bodenfläche, wenn diese eben ist oder annähernd eben verläuft. Ist das Gelände gegen die Horizontale geneigt, so wird, falls die Neigung mehr als 2% beträgt, stets am einfachsten die sogen. „Staffelmessung“ angewendet.

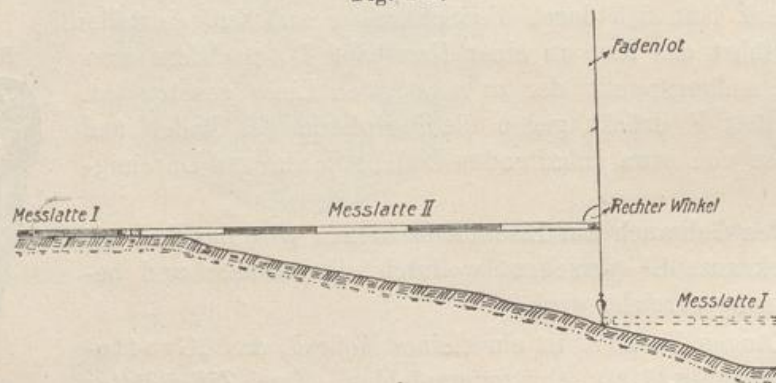
Der allgemeine Verlauf einer Längenmessung wird in Fig. 110 gezeigt. Man fängt bei A an; bis B sei die Strecke eben oder bis 2% geneigt und genau zwei Werkzeuglängen (1, 2), dann beginne eine stärkere Steigung. Von B

ab wird nicht mehr flach auf der Bodenoberfläche weiter gemessen, sondern man hält das Meßband oder die Meßlatte unter Benutzung eines Fadenlotes parallel



zur angenommenen Horizontalebene (s. S. 4), indem man das Werkzeug nach Augenmaß senkrecht zur Schnur des Lotes richtet (Fig. 111), und führt so die Messung „stufen-“ oder „staffelförmig“ bis zum Punkte C (Werkzeu-
länge 5) durch. Die Wasserscheide CD sei gleichfalls nahezu eben, dann falle

Fig. 111.



das Gelände bis F. Von D ab werden die Werkzeuglängen 7, 8, 9 und 10 wieder stufenweise mit Hilfe des Fadenlotes abgesetzt, wogegen die Längen 11 und 12 mit aufliegendem Werkzeuge ermittelt werden. Die noch fehlende Strecke (kleiner als eine Werkzeuglänge) bis zum Punkte E wird an der Teilung des Längenmeßinstrumentes (Lage 13) nach Meter, Dezimeter und Zentimeter abgelesen. Dann stellt ABFE als gemessene Länge nach Seite 16 die gesuchte Entfernung in der Horizontalprojektion zwischen den Punkten A und E dar.

Die Niederschrift des Längenmaßes erfolgt meist ohne Angabe der Maßeinheit in einem Dezimalbruche, z. B.

2001,55 oder 10,52,

also ohne den Zusatz der Bezeichnung m (Meter).

a) Lattenmessung.

Bei der Benutzung der Meßlatten (s. S. 31) — es werden immer zwei Latten verwendet — wird stets mit der gleichen Latte, z. B. der „schwarzen“*) (schwarz-weißen s. S. 32) begonnen. Man legt diese genau in die Linie und

*) Merkregel: Die deutschen Farben (schwarz-weiß-rot) beginnen mit „schwarz“.

schiebt sie an den Anfangspunkt der Strecke heran. Ist dieser durch einen Stein oder durch einen Pfahl gegeben, so gilt als Anlegestelle des Lattenendes die Mitte der betreffenden Grenzbezeichnung (s. Fig. 112), nicht etwa der gewöhnlich dahinter stehende Fluchtstab. Sind die Punkte, z. B. besonders die „Linien- und Polygonpunkte“ (s. S. 76) durch Kreuze (+) oder Röhren (s. S. 12 usw.) vermarkt und durch zentrich aufgestellte oder eingesetzte Fluchtstäbe sichtbar gemacht, so ist die Mitte dieser als Ausgangsmarke anzusehen (siehe Fig. 113). Es wird sodann die zweite „rote“ (rot-weiße) Latte genau in die Linie gebracht und an die „schwarze“ Latte (Ende an Ende) herangeschoben, jedoch mit solcher Vorsicht, daß letztere nicht zurückgestoßen wird, da sonst das Maß

Fig. 112.

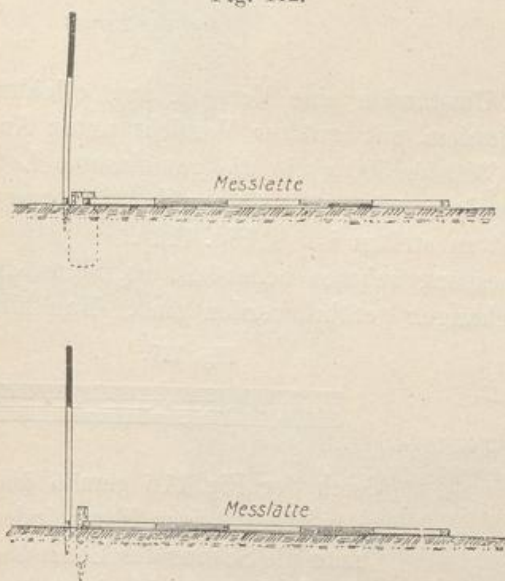
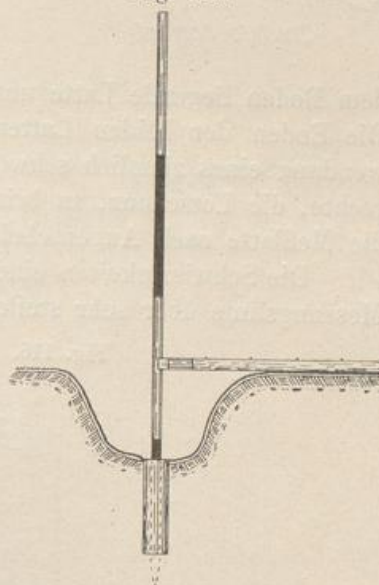


Fig. 113.



zu lang ermittelt wird. Hierauf wird die „schwarze“ Latte vom Boden genommen, laut mit „Eins“ bekannt gemacht und in der angegebenen Weise an die „rote“ Latte gelegt, dann diese abgehoben, mit „Zwei“ gezählt, von neuem angereiht, und so fort bis zum Endpunkte der zu messenden Strecke.

Die Anzahl der vollen Werkzeuglängen wird, wie soeben erläutert, durch lautes Zählen festgestellt, das aber nicht eher erfolgen darf, bis die betreffende Meßlatte wirklich vom Boden entfernt ist. Hierbei bietet sich eine gewisse Kontrolle, insofern alle ungeraden Zahlen mit „schwarzen“ Latten, alle geraden Zahlen mit „roten“ Latten zusammenfallen.

Ist man am Ende der Linie angelangt, so wird wie am Anfange an dem maßgebenden Punkte (s. o.) der noch fehlende Teilbetrag an der anliegenden Latte abgelesen. In Figur 110 wären z. B. 12 volle Lattenlängen zu zählen $= 12 \times 5,0 = 60,0$ m, wenn die Lattenlänge 5,0 m beträgt; käme noch das Stück der dreizehnten Lattenlänge bis zum Endpunkte E der Linie z. B. 2,85 m hinzu, so ist die ganze Strecke $AE = 60,0 + 2,85 = 62,85$ m lang.

Längenmessungen lassen sich mittels Meßplatten rasch und bequem ausführen, wenn die Bodenoberfläche eben ist und keine Hindernisse im Wege

stehen. Etwas schwieriger gestaltet sich die Arbeit im geneigten Gelände, wo mit Hilfe des Fadenlotes die Lattenenden beim Steigen des Terrains hochgelotet (Fig. 114), bei Fallen herabgelotet (Fig. 115) werden müssen. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß die zur Fortführung der Messung dienende, auf

Fig. 114 und 115.



dem Boden liegende Latte unter keinen Umständen eine Verschiebung erleidet. Die Enden der beiden Latten sind außerdem mit größter Vorsicht unter Anwendung eines ziemlich schweren Lotes (300 bis 500 g) in die gemeinsame Lotrechte, die Lotschnur, zu bringen, auf welche, wie schon früher (S. 38) gesagt, die Meßlatte nach Augenschein senkrecht zu stellen ist (s. Fig. 111).

Die Schwierigkeiten einer Längenmessung nehmen bedeutend zu, wenn die Messungslinie über sehr steile hohe Böschungen geführt werden muß. Man hilft

Fig. 116.

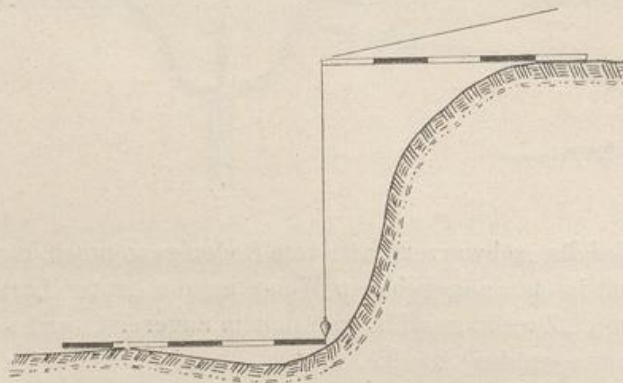
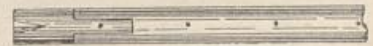


Fig. 117.



sich der Fig. 116 gemäß über den abschüssigen Hang, indem man die Schnur des Lotes über das Lattenende in einem Ausschnitte des Lattenendes (Fig. 117) laufen läßt.

Anstelle der Staffelmessung, die wohl in allen Fällen anwendbar und genau genug

ist, kann die Entfernung auch auf der geneigten Bodenfläche gemessen werden. Hierzu ist aber der Neigungswinkel α jeder Lattenlänge zur Horizontalen durch einen aufgesetzten Winkelmesser, z. B. durch den „**Libellen-Neigungsmesser**“ nach Wimmer (Fig. 118) zu ermitteln und hiernach die gesuchte horizontale Länge l (Fig. 119) nach $l = l_1 \cos \alpha$ zu berechnen, wo l_1 die Lattenlänge (5,0 m oder 3,0 m) bedeutet. Statt $l = l_1 \cos \alpha$ wird einfacher der Zuschlag $a = l_1 - l = l_1 - l_1 \cos \alpha = l_1 (1 - \cos \alpha) = 2 l_1 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ (Fig. 120) in einer Zahlentabelle für α von Zehntel zu Zehntel Grad zusammengestellt und dieser im Felde entnommen*).

*) Eine solche Tabelle befindet sich im Anhang des Bandes unter Nr. I. Das Instrument nach Fig. 118 läßt den Zuschlag gleichfalls entnehmen.

Diese etwas umständliche Arbeit wird neuerdings durch eine praktische Vorrichtung, durch den sogen. „Schrägmesser“ (Fig. 121) vom „Versandhaus für Vermessungswesen“ in Cassel 9 ersetzt, die man auf die Mitte der schrägliegenden Latte stellt, sodann eine „Röhrenlibelle“ (S. 101) um ein Scharnier bis zum

Fig. 118.

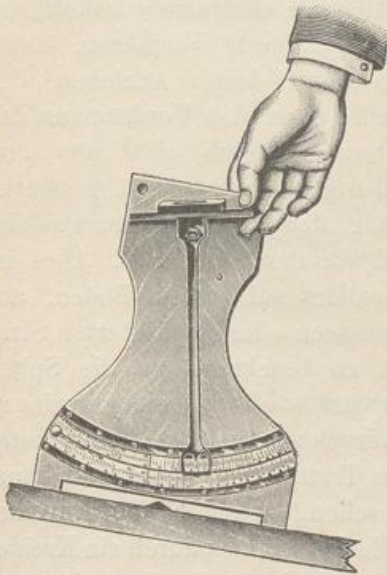


Fig. 119.

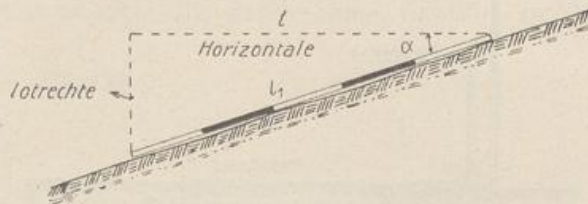


Fig. 120.

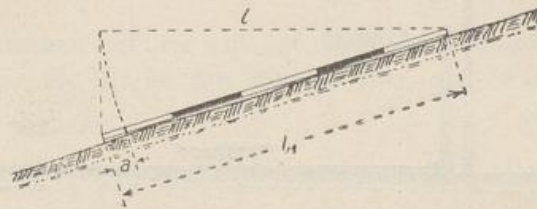
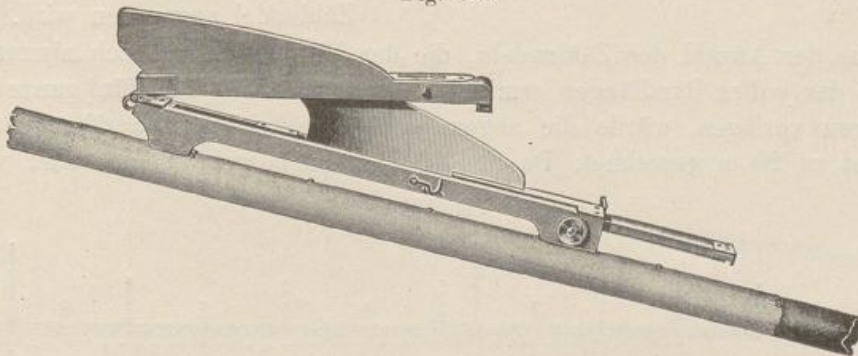


Fig. 121.

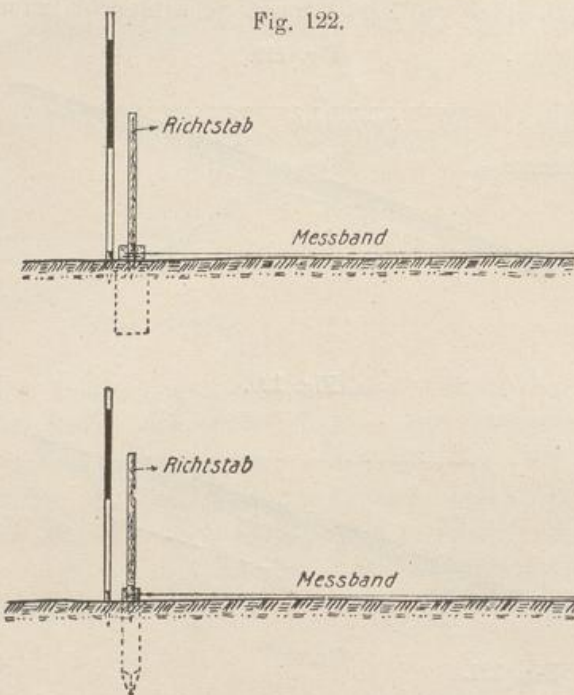


Einspielen der Libellenblase hochführt, wodurch an einer Zunge sich das Zusatzmaß selbsttätig einstellt, um welches die Latte zu verlängern ist. Zu diesem Zwecke wird der Schrägmesser so neben die Meßlatte gelegt, daß eine seitliche Kralle am Lattenende anschlägt.

b) Längenmessung mittels Meßband.

Beim Gebrauche des Meßbandes (s. S. 34) wird das Band, nachdem es vom Reifen abgerollt wurde, mittels seiner Endringe auf die beiden „Richt- oder Ziehstäbe“ (Fig. 100a) geschoben und einer von diesen am Grenzpunkte der Linie lotrecht gestellt (Fig. 122). Der andere Ziehstab wird in die abgesteckte Linie eingeflüchtet (s. S. 19), darauf das Meßband mit kräftigem Zuge gestreckt und die Bandlänge durch Eindrücken der Richtstabspitze in den Boden kenntlich gemacht. Die so entstandene Vertiefung wird sodann durch eine „Zähl-nadel“ (s. S. 35), die man in die Vertiefung steckt, sichtbar bezeichnet und die An-

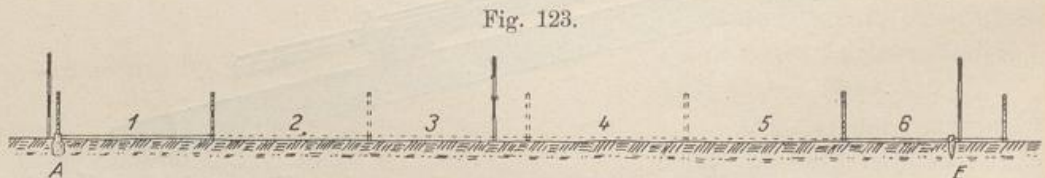
reihung der Bandlängen fortgesetzt. Hierzu wird vom Vordermann — das Meßband ist stets von zwei Gehilfen zu bedienen — das Band vorwärts gezogen, bis der Hintermann bei der Zählnadel angekommen ist. Dieser nimmt sodann



die Nadel an sich und setzt seinen Richtstab vorsichtig in die Bodenvertiefung; alsdann wiederholt sich das geschilderte Verfahren.

Damit beim Anziehen des Bandes durch den Vordermann der hintere Richtstab nicht aus dem Boden gerissen wird, ist es zweckmäßig, daß der Hintermann seinen Fuß vor den Stab setzt. Dies ist besonders auf hartem Boden, auf Chausseen oder gepflasterten Straßen zu beachten, wo die Spitze des Stabes oft nur einen geringen Eindruck hinterläßt. Auf Pflaster oder Trottoir ist letzterer oft kaum zu sehen; weshalb die Anreihestelle hier einfach durch ein Kreidekreuz (+) und die beigelegte Zählnadel angegeben wird.

Aus der Anzahl der Zählnadeln, die der Hintermann an sich nimmt, wird das Maß der vollen Bandlängen ermittelt. Wenn nach Fig. 123 fünf ganze Werkzeuglängen vorlägen, würde die abgemessene Strecke $5 \times 20 = 60$ m betragen, das Band zu 20 m gerechnet. Da nur 10 Zählnadeln gebräuchlich sind, werden



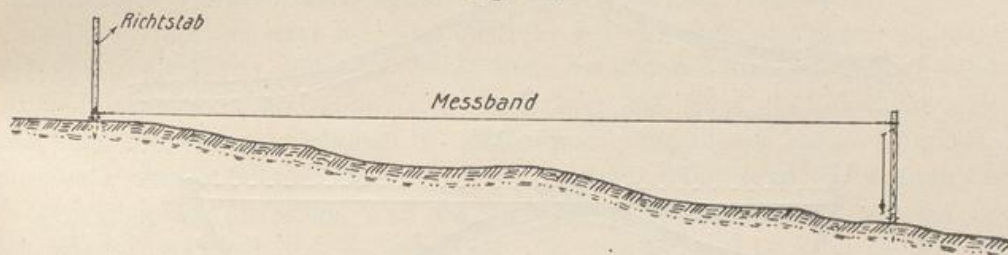
die Zähler nach Abmessung von größeren Strecken als $10 \times 20 = 200$ m dem Vordermann wieder zugestellt. Selbstverständlich darf in solchen Fällen bei der Ermittlung der Bandlängen die Rückgabe der Zählnadeln nicht außer acht gelassen werden.

Das Meßband liegt in ebenem oder bis 2% geneigtem Terrain während der Messung direkt auf dem Boden (s. Fig. 123). In geneigtem Gelände wird entweder die „Staffelmessung“ (s. S. 38) angewendet, oder es wird die Neigung des Bodens bestimmt und die horizontale Projektion entsprechend den Angaben für die Meßplatte (S. 40) festgestellt.

α) Der Vorgang der Staffellung ist der gleiche wie bei der Lattenmessung (S. 40). Das Stahlband wird horizontal gespannt (Fig. 124) und am Ende mittels des Richtstabes, den man mit Hilfe des Fadenlotes lotrecht stellt, auf den

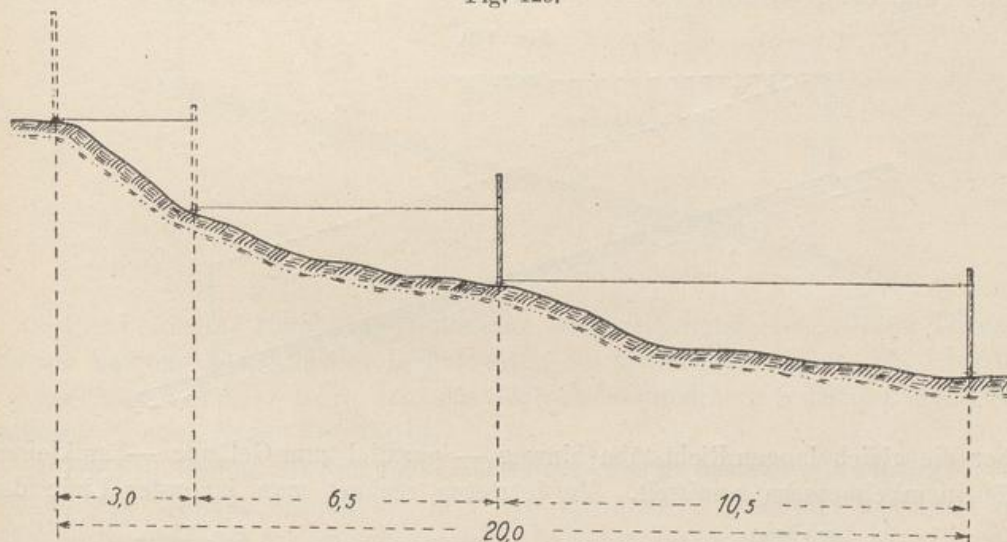
Boden projiziert. Die ganze Bandlänge (20 m) kommt hier aber nur dann in Betracht, wenn zwischen Anfang und Ende des Bandes der Höhenunterschied nicht größer ist als die Länge des Richtstabes, also etwa 1,5 m, d. h. wenn das Bodengefälle nicht größer ist als 6 bis 7 ‰. Dabei muß das Meßband stets straff gespannt sein (Fig. 124); um ein Durchhängen und damit eine Verkürzung des Maßes zu vermeiden, wird das Band zweckmäßig durch einen Gehilfen in der Mitte gestützt.

Fig. 124.



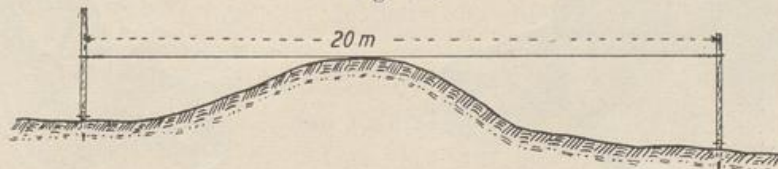
Sobald das Staffeln wegen zu starken Gefälles mit der ganzen Meßbandlänge, undurchführbar ist, nimmt man nur die Hälfte des Bandes oder nur wenige

Fig. 125.



Meter, benutzt aber zur Ablotung der gewählten Meßbandmarke (volle oder halbe Meter) immer die Richtstäbe (Fig. 125), da sie für die Teilstrecken des

Fig. 126.



Bandes sichere Zwischenpunkte in der Linie bilden. Die Staffellung mit Teilen des Werkzeuges kann auch bei den Meßblättern vorkommen.

Falls das Meßband, wie Fig. 126 zeigt, über ein Hindernis hinweg, gleichzeitig an beiden Richtstäben hochgestreift werden muß, ist sehr darauf zu achten, daß beide Stäbe bei gespanntem Bande gut lotrecht stehen, da eine schiefe Stellung (siehe Fig. 127 und 128) eine fehlerhafte Aneinanderreihung nach sich zieht.

Fig. 127.

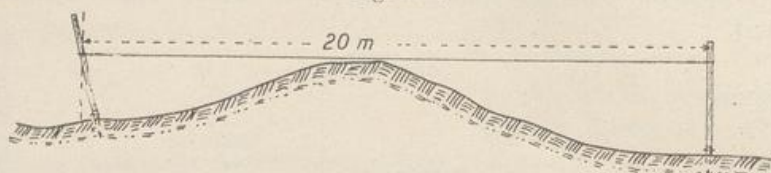
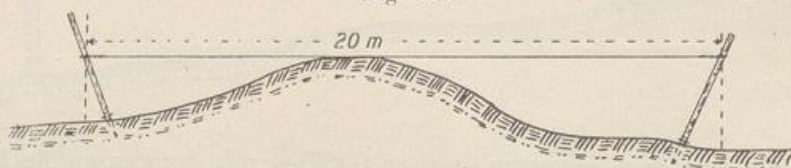
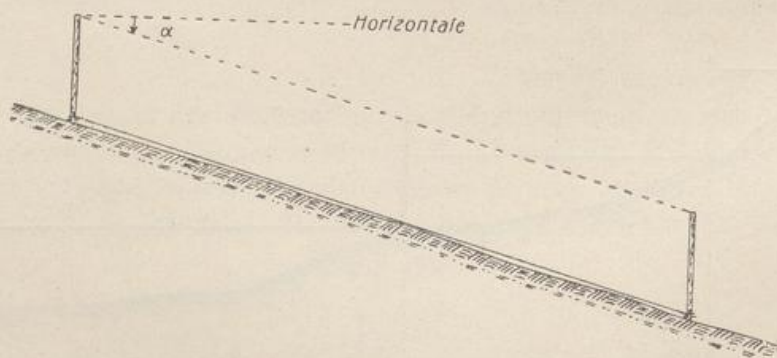


Fig. 128.



β) Wird das Meßband, der Geländeneigung folgend, am Boden entlang geführt (Fig. 129), so wird der Neigungswinkel α jeder Bandlänge sehr einfach

Fig. 129.



über die gleich langen Richtstäbe hinweg — parallel zum Gelände — an kleinen Höhenwinkelmessern ermittelt. Zu letzteren rechnet man in erster Linie den

Fig. 130 a.

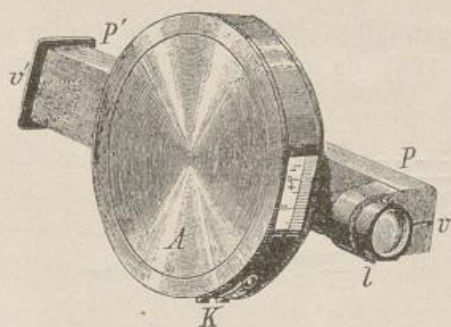
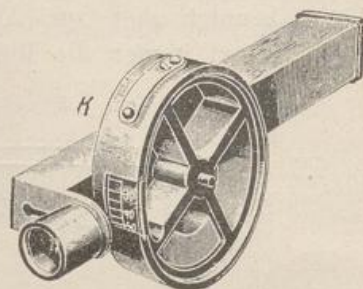


Fig. 130 b.

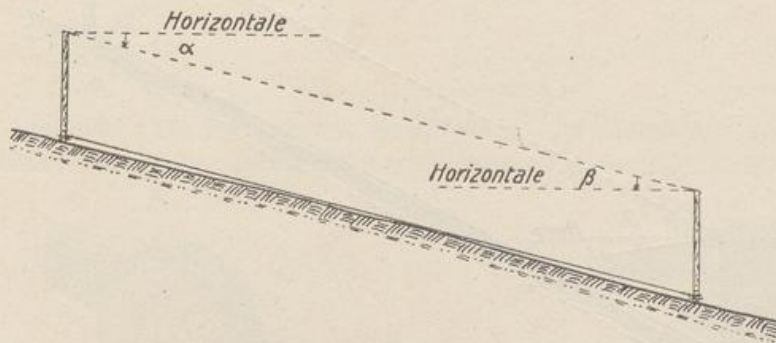


„Neigungsmesser“ von Brandis, der vom Mechaniker Wolz in Bonn hergestellt wird. Das Instrument besteht aus einer Messingbüchse A (Fig. 130 a),

in der, um eine Achse leicht schwingend, sich ein Rad (Fig. 130b) mit einer Sperrvorrichtung bei k befindet. Die Peripheriefläche des Rades trägt eine Gradteilung, beziffert nach oben mit $(-)$ und nach unten mit $(+)$ von einem Nullstriche aus, der sich infolge eines Pendelgewichts am Rade selbsttätig in die durch den Drehungspunkt des Rades gehende Horizontale einstellt. Die Gradteilung kann mittels einer Lupe l beobachtet werden, die vor einem fensterartigen Ausschnitte der Büchse in Verbindung mit einer Absehvorrichtung (Spalt v und Metallfaden v^1) seitlich am Zielrohr PP^1 angebracht ist (Fig. 130a).

Beim Gebrauch legt man das Zielrohr auf den Kopf des einen Richtstabes und visiert über $v v^1$ nach dem oberen Ende des anderen Richtstabes, auf welchen zur deutlichen Sichtbarmachung der Bandträger die Hand flach auflegt. Setzt man nun die Sperrvorrichtung K durch einen Fingerdruck außer Tätigkeit, so wird nach einigen Schwingungen das Pendelrad zur Ruhe kommen, worauf durch Vergleichung der Visierlinie $v v^1$ mit der Gradteilung unter Benutzung der Lupe der „Höhenwinkel β “ $(+)$ oder der „Tiefenwinkel α “ $(-)$ (s. Fig. 131) abgelesen werden kann.

Fig. 131.



Das Pendelrad trägt, der Gradteilung entgegengesetzt, eine weitere Teilung, die die Neigung des Geländes in Prozenten der Entfernung angibt. Die Prozentteilung wird sichtbar, wenn man das Instrument umdreht, sodaß die Sperrvorrichtung K oben liegt (Fig. 130b).

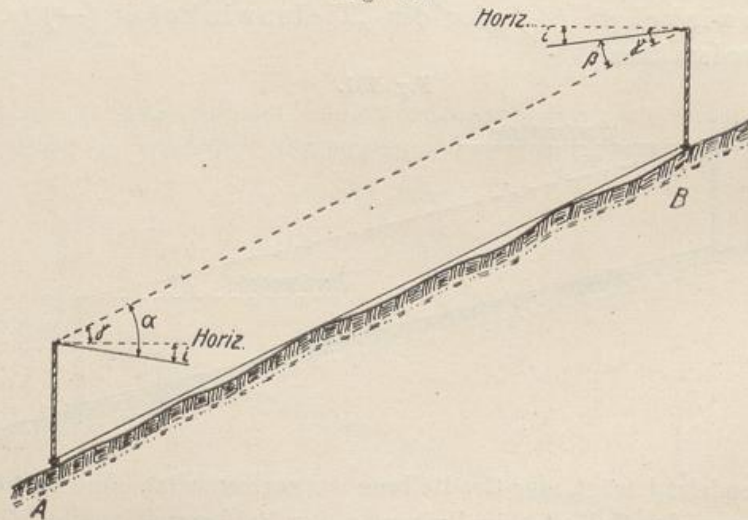
Die Ermittlung der Neigungsverhältnisse kann im besten Falle auf $\frac{3}{10}$ bis $\frac{5}{10}$ der Teilung erfolgen, sodaß die in Frage kommenden Zuschläge besonders bei einer großen Neigung des Geländes ziemlich unsicher werden. Mit $l_1 = 20$ m werden die Zuschlagmaße $a = l_1 - l_1 \cos \alpha$ am besten einer Zahlentabelle entnommen, siehe Anhang unter Nr. I, und jeder Meßbandlänge entweder sofort mit Hilfe eines Millimeterlineals zugefügt oder aber, wenn es nur auf die Gesamtlänge der Strecke ankommt, einzeln notiert und am Schlusse der Messung in Rechnung gebracht.

Von wesentlicher Bedeutung ist das Zusammenfallen der Nullmarke der Teilung des Neigungsmessers mit der Horizontalen, sobald sich das Pendelrad in der Gebrauchslage befindet. Man untersucht die Richtigkeit des Instrumentes durch sogen. „Gegenvisur“, indem man auf jedem Richtstabe die Neigung zum anderen Stabe bestimmt (Fig. 131). Werden die beobachteten Winkel α und β (ohne Beachtung des Vorzeichens) gleich groß gefunden, so ist das Instrument in Ordnung, weichen sie voneinander um mehr als $0,3^\circ$ bis $0,5^\circ$ ab, so liegt ein

„Indexfehler“ vor, der nur vom Mechaniker beseitigt werden kann. Es läßt sich jedoch die Größe des Indexfehlers aus der angegebenen Gegenvisur zu $i = \frac{\alpha - \beta}{2}$ bestimmen und der Indexfehler damit bei einseitiger Visur in Rechnung bringen, oder aber man beobachtet — immer sehr zweckmäßig — bei jeder Bandlage an beiden Enden, wie oben angegeben, und führt als richtigen Höhenwinkel den Betrag $\frac{\alpha + \beta}{2}$ ein.

Der Beweis für die Größen $\frac{\alpha + \beta}{2}$ und $\frac{\alpha - \beta}{2}$ ist folgender. Entsprechend der Lage des Nullpunktes zur Horizontalen wird in Fig. 132 auf A der Höhenwinkel zu α um den Indexfehler i zu groß, auf B zu β um i zu klein ermittelt. Nach Fig. 132 ist demnach der gesuchte Höhenwinkel:

Fig. 132.



$$\begin{aligned} \text{auf A:} & \quad \gamma = \alpha - i \\ \text{auf B:} & \quad \gamma = \beta + i \\ \text{Demnach:} & \quad 2\gamma = \alpha + \beta \\ & \quad \gamma = \frac{\alpha + \beta}{2}. \end{aligned}$$

Der Indexfehler ist

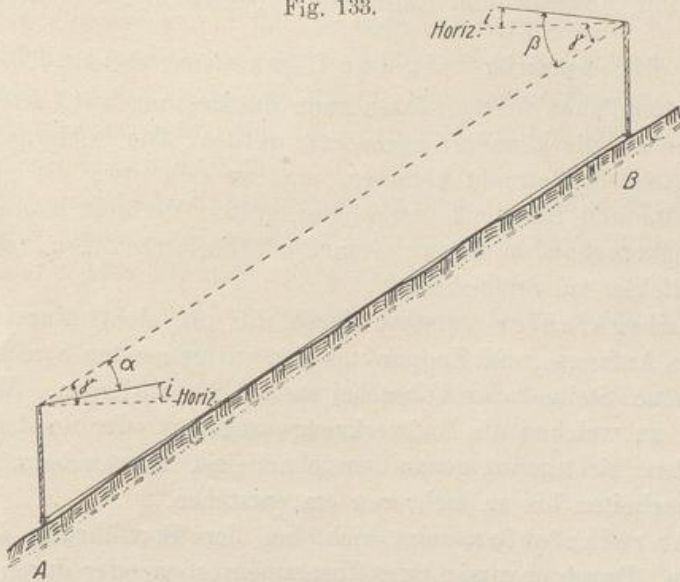
$$\begin{aligned} \text{auf A:} & \quad i = \alpha - \gamma \\ \text{auf B:} & \quad i = \gamma - \beta \\ \text{Demnach:} & \quad 2i = \alpha - \beta \\ & \quad i = \frac{\alpha - \beta}{2}. \end{aligned}$$

Die Beweisführung bleibt die gleiche, wenn der Nullstrich der Teilung über der Horizontalen, gemäß Fig. 133, liegt.

Die neueren Neigungsmesser nach Brandis der Firma Wolz-Bonn, (Fig. 134) führen auf dem Deckel der Büchse von Grad zu Grad die bereits auf den Horizont reduzierten Längen für ein Meßband von 20 m Länge; diese An-

gaben können im Felde direkt benutzt werden; für Zehntelgrade ist erst eine kleine Zwischenrechnung vorzunehmen. Beispielsweise sei $\alpha = 8,5^\circ$ gemessen; dann beträgt die horizontal ermittelte Länge 19,78 m.

Fig. 133.



Eine einfache Vorrichtung zur Bestimmung des Zuschlags ist noch das von F. G. Gauß bei den preußischen Katastervermessungen eingeführte Instrument

Fig. 134.

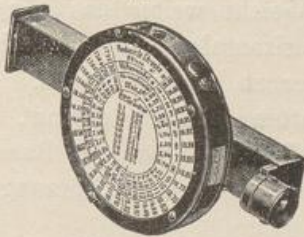
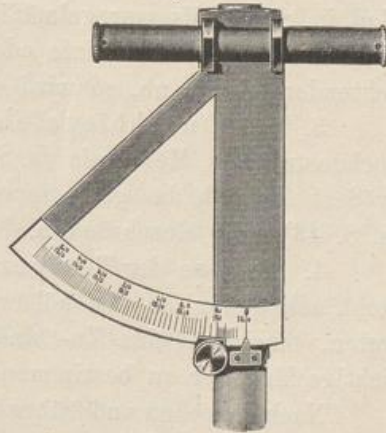


Fig. 135.



(Fig. 135), das auf den lotrecht gestellten Zielstab aufgesteckt wird und aus einem kurzen geteilten Metallbogen mit einem einfachen Visierrohr (Schauloch und Faden) besteht. Man zielt nach dem anderen Bandstabende und liest an einem Zeiger sofort die abzusetzende oder in Rechnung zu bringende Strecke als Zuschlag ab.

e) Vergleich der Band- und Lattenmessung.

Die Messung mit Meßband oder Meßlatten beansprucht etwa die gleiche Zeit, doch ist die erstere, die stets zwei Gehilfen erfordert, bequemer und daher weniger ermüdend. Bei der Lattenmessung genügt auch nur ein Arbeiter, der dann allerdings infolge des vielen Bückens sehr angestrengt wird.

Der Gebrauch des Meßbandes ist in der Ebene weit verbreitet, während in stark wechselndem Gelände, besonders im Gebirge, die Meßlatten meist be-

quemer zu handhaben sind. Da bei Flächenmessungen die Ordinaten (siehe S. 18) zweckmäßig mit Hilfe von Meßlatten (s. S. 64) bestimmt werden, ist es empfehlenswert, sich in beiden Werkzeugen die nötige Uebung anzueignen, um gegebenenfalls mit Meßband und Latten sofort wechseln zu können.

d) Genauigkeit der Längenmessung.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen kann die Messung mit Latten dem Stahlbande gegenüber als die genauere angesehen werden. Die Fehlerquellen, die bei beiden Hilfsmitteln in Betracht kommen, sind an sich etwa die gleichen, doch sind sie für Latte und Bandmaß verschieden groß. Verfolgt man die Ursachen, die das Messungsergebnis in seiner Gesamtheit beeinträchtigen, so sind nachstehende Einzelfehler zu verzeichnen.

1. Der Anlegefehler entsteht durch die oft nicht hinreichend scharfe Bezeichnung des Anfangs- und Endpunktes der zu messenden Strecke, z. B. wenn nur roh behauene Steine oder unbearbeitete Pfähle vorliegen. Wenn die geltenden Punkte, an welchen die Meßwerkzeuge angelegt oder an denen die Maße abgelesen werden, nicht genug genau bezeichnet sind, können beim Anlegen oder Ablesen Unsicherheiten bis zu mehreren cm entstehen.

2. Der Anreihfehler zeigt sich bei der Fortführung der einzelnen Werkzeuglängen. Durch unvorsichtiges Zusammenstoßen oder durch ungenügende Berührung der Lattenenden, ferner durch sorgloses Abloten bei der Staffellung wird das Maß entweder vergrößert oder verkleinert. Beim Meßband beeinflußt das mehr oder weniger starke Anziehen des Bandes durch den Vordermann das Maß in gleichfalls unregelmäßiger Weise. Weicht weiter das Längenmeßwerkzeug aus der geraden Linie oder aus der Horizontalen (beim Staffeln) in zu beachtendem Grade ab, so wird das Maß immer zu lang gemessen.

3. Der Durchbiegefehler, bei Latten ziemlich gering, entsteht bei hochgestreiftem Meßbande (s. S. 43) infolge Durchhängens des Bandes und vergrößert dadurch das gemessene Maß. Es läßt sich durch Stützung des Bandes (s. S. 43) sehr einschränken.

4. Einflüsse der Temperatur und der Feuchtigkeit — letztere selbstverständlich nur bei den hölzernen Meßlatten —, die während der Messung eintreten, bewirken eine Zu- und Abnahme der Werkzeuglänge und fälschen das richtige Maß der zu bestimmenden Strecke.

Nach dem eben und früher Gesagten sind daher bei der Ausführung von Längenmessungen, um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, folgende Regeln zu befolgen.

- a) Die Werkzeuge sind mit den Normalmaßen zu vergleichen (siehe Seite 33).
- b) Die Anfangs- und Endpunkte der Linien sind möglichst scharf zu bezeichnen.
- c) Die Werkzeuge sind in stets grader Linie zwischen Anfangs- und Endpunkt vorsichtig aneinanderzureihen.
 - α) Bei aufliegendem Werkzeuge: Scharfe Berührung der Lattenenden, ohne Stoßen; gleichmäßiges Anziehen des Meßbandes, ohne Zerren.

β) Bei der Staffellung: Horizontale Lage des Werkzeuges, ohne Durchhängen beim Stahlbande, vor allem aber sorgfältiges Abloten.

Der Gesamtfehler einer Längenmessung setzt sich aus den oben aufgeführten Einzelfehlern zusammen und fällt je nach der Sorgfalt, die bei der Messung beobachtet worden ist, und je nach den Geländebedingungen verschieden groß aus.

In welchen Grenzen zwei voneinander unabhängige Messungen derselben Strecke l übereinstimmen müssen, darüber geben amtlich festgelegte Normen in den verschiedenen Staaten Auskunft.

In Preußen wird für Katastervermessungen die zulässige Abweichung d , die auch hier als maßgebend angesehen werden kann, nach drei Geländeklassen durch die nachstehenden Formeln angegeben.

$d_I = 0,01 \sqrt{4 \cdot l + 0,005 \cdot l^2}$ in günstigem Gelände oder unter günstigen Verhältnissen;

$d_{II} = 0,01 \sqrt{6 \cdot l + 0,0075 \cdot l^2}$ in mittlerem Gelände oder unter mittleren Verhältnissen;

$d_{III} = 0,01 \sqrt{8 \cdot l + 0,01 \cdot l^2}$ in ungünstigem Gelände oder unter ungünstigen Verhältnissen.

Diese „Fehlergrenzen“ gelten übereinstimmend für Meßblatten und Stahlbänder. Erreichen sie nicht den Betrag von 0,10 m, so können sie auf dieses Maß erhöht werden, wenn nicht beide Endpunkte auf je 0,01 m (siehe Anlagefehler S. 48) genau bestimmt sind.

Der Anhang des Werkes enthält in der Tabelle unter Nr. II die Fehlergrenzen bis zu einer Streckenlänge von 1000 m. Hiernach ist beispielsweise zwischen zwei Messungen einer Strecke von 250 m gestattet:

in günstigem Gelände: $d_I = 0,36$ m

in mittlerem Gelände: $d_{II} = 0,44$ m

in ungünstigem Gelände: $d_{III} = 0,51$ m.

Die Fehlergrenzen der anderen deutschen Staaten weichen im allgemeinen nicht wesentlich von den preußischen ab und sollen deshalb hier nicht besonders aufgeführt werden. Dies gilt auch von Oesterreich und für die Schweiz. Im Bedarfsfalle sei auf den „Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik“, Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart, hingewiesen, der eingehende Angaben hierüber enthält.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß die amtlich zulässigen Fehlergrenzen derart bemessen sind, daß sie bei der erforderlichen Sachkenntnis und Sorgfalt stets eingehalten werden können. Für Stadtmessungen und manche ingenieur-technische Zwecke, wie z. B. Tracierungsarbeiten, sind sie allerdings zu groß; hier wird die Ermittlung und die Absteckung von Längen fast durchweg auf

$$d = 0,005 \cdot l \text{ oder } \frac{1}{2000} \cdot l$$

sicher verlangt.

Die Genauigkeit, mit welcher Längenmessungen überhaupt durchgeführt werden können, ist verschieden je nach Art der benutzten Werkzeuge und

ihrer Anwendung. Werden die auf Seite 48 hervorgehobenen Regeln sorgfältig beachtet, so wird der zu erwartende Fehler M unter normalen Verhältnissen den Betrag der Formel

$$M = \mu \sqrt{l}$$

kaum überschreiten, wenn μ , ein Erfahrungsfaktor, aus der nachstehenden Tabelle entnommen wird.

Es ist:

1. bei Meßplatten längs gespannter Schnur oder ausgeschnürter Linie (Seite 20) $\mu = 0,001$
2. bei Meßplatten ohne Hilfsmittel nach 1) $\mu = 0,003$
3. bei Stahlmeßband $\mu = 0,005$

Bei $l = 100$ m wäre nach 1): $M = 0,001 \sqrt{100} = 0,01$ m; nach 2): $M = 0,03$ m; nach 3): $M = 0,05$ m.

Es können auch die im Anhang des Werkes unter Nr. II aufgeführten Abweichungen d zu Rate gezogen werden, die, wie auf Seite 49 gesagt ist, gleicherweise für Latten- und Bandmessungen gemäß 2. und 3. Geltung haben. Man setzt den Fehler

$$M = \frac{d}{4},$$

für 100 m also:

$$\text{im günstigen Gelände: } M_I = \frac{d_I}{4} = \frac{0,21}{4} = 0,05 \text{ m,}$$

$$\text{im mittleren Gelände: } M_{II} = \frac{d_{II}}{4} = \frac{0,26}{4} = 0,06 \text{ m,}$$

$$\text{im ungünstigen Gelände: } M_{III} = \frac{d_{III}}{4} = \frac{0,30}{4} = 0,08 \text{ m.}$$

Bei Meßrädern (Fig. 37) beträgt der fragliche Fehler nach Angaben von Jordan:

auf gut gebahnten harten Wegen bei

$l = 10$ m,	50 m,	100 m,	500 m,	1000 m
$M = 0,06$	$0,14$	$0,20$	$0,45$	$0,63$

auf Eisenbahngleisen bei Längen l bis zu 200 m: $0,0006$ der Länge, bei größeren Strecken: $0,0005 \cdot l$ bis $0,0002 \cdot l$.

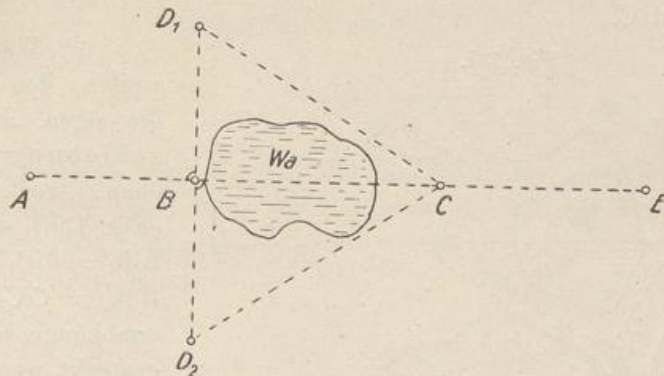
e) Messung unzugänglicher Strecken.

Wie bereits auf Seite 21 gesagt ist, soll die Lage der Abscissenlinie so ausgewählt werden, daß im Verlaufe des Messungsvorganges keine störenden Hindernisse angetroffen werden. Diese, wie Sand- oder Kiesgruben, Steinbrüche, niedrige Holzbestände, Wasserflächen u. dergl., beeinträchtigen zwar das Ausfluchten der Linien nicht weiter, dagegen erschweren sie die Streckenmessung oft in hohem Maße, bisweilen machen sie dieselbe ganz unmöglich. Schwierigkeiten der genannten Art sind aber oft nicht zu umgehen; man sucht sie durch Hilfskonstruktionen zu beseitigen, die auch in den Fällen angewendet werden können, bei denen es nur gelegentlich auf die Messung einer unzugänglichen Strecke ankommt. Wie weiter gezeigt werden wird, stößt man auf Schwierig-

keiten auch bei der Ermittlung der Ordinaten, wo als einfachstes Mittel die Winkelinstrumente (s. S. 23) mit 45° - Absteckung in Frage kommen. Ueber die Absteckung von Linien über hochragende Hindernisse, z. B. Gebäude, Holzbestände u. dergl., unterrichtet das Kapitel „Tracieren“ im II. Teile des „Feldmessens“.

1. α) Falls die Abscissenlinie A E über ein Hindernis Wa*) (Fig. 136) hinweggeht und die Messung des Teiles B C der Linie nur mit großer Schwierigkeit

Fig. 136.



oder gar nicht durchführbar ist, wird in B der Linie A E vor dem Hindernis mit Hilfe eines Winkelmessers die Senkrechte B D₁ errichtet (s. Abschnitt 2, S. 21), so daß von D₁ der Punkt C (hinter dem Hindernisse) gut zu sehen ist, und hierauf die Länge B D₁ und D₁ C gemessen.

Nach dem Pythagoräischen Lehrsatz ist sodann:

$$BC = \sqrt{(D_1 C)^2 - (B D_1)^2}$$

Zur Sicherung des Maßes wird in gleicher Weise in B die Senkrechte B D₂ errichtet und

$$BC = \sqrt{(D_2 C)^2 - (B D_2)^2}$$

berechnet.

Die beiden Werte für B C werden bei sorgfältiger Arbeit innerhalb der „Fehlergrenze“, siehe S. 49 und Tabelle Nr. II des Anhanges übereinstimmen und endgültig in einem Mittel zusammengefaßt.

$$\text{Beispiel. } BC = \sqrt{(D_1 C)^2 - (B D_1)^2} = \sqrt{54,00^2 - 20,00^2} = 50,16 \text{ m}$$

$$BC = \sqrt{(D_2 C)^2 - (B D_2)^2} = \sqrt{56,06^2 - 25,15^2} = 50,10 \text{ m.}$$

Die Abweichung $50,16 - 50,10 = 0,06$ m stimmt bei günstigen Verhältnissen der Messung, also in der Geländeklasse I, innerhalb der erlaubten Fehlergrenze von $d_1 = 0,15$ m überein. Der endgültige Wert ist demnach:

$$BC = \frac{50,16 + 50,10}{2} = 50,13 \text{ m.}$$

Würde im vorliegenden Falle eine wesentlich größere Abweichung als 0,15 m sich ergeben, so sind die Hilfskonstruktionen und die Messung nachzuprüfen.

Die rechtwinkligen Dreiecke können selbstverständlich auch vom Punkte C aus oder je eins von C und B konstruiert werden; man wird den örtlichen Verhältnissen entsprechend verfahren.

*) Wa = Wasserfläche, siehe die Kulturbezeichnungen S. 161.

β) Wird die Absteckung der Senkrechten von B oder C aus gehindert, so ist vielleicht die Konstruktion nach Fig. 137 durchführbar. Man steckt die beiden rechtwinkligen Dreiecke $B D_1 C$ und $B D_2 C$ mit den rechten Winkeln bei D_1 und D_2 ab und berechnet:

$$BC = \sqrt{(B D_1)^2 + (D_1 C)^2}$$

$$BC = \sqrt{(B D_2)^2 + (D_2 C)^2}$$

Das arithmetische Mittel der beiden Werte für BC , deren Differenz (siehe unter α) in der erlaubten Fehlergrenze liegen muß, ist der gesuchte Abstand zwischen B und C.

Fig. 137.

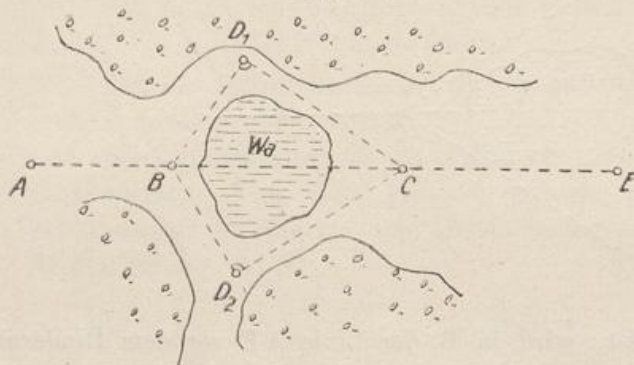
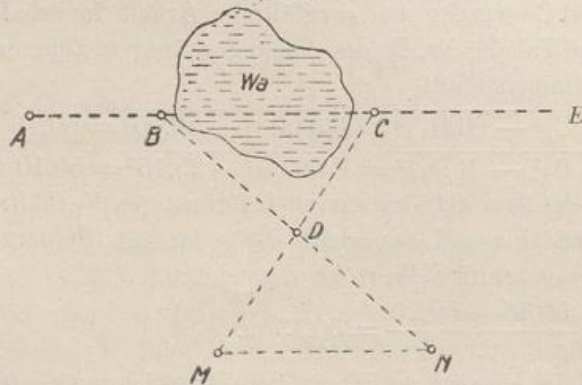


Fig. 138.



Fig. 139.



γ) Weiter wird bisweilen den Verhältnissen die sogen. „Parallel-Verschiebung“ mehr entsprechen, wo auf B und C (Fig. 138) die Senkrechten $B B_1 = C C_1$ einerseits und $B B_2 = C C_2$ andererseits, unabhängig voneinander, abgesteckt werden. Die Verbindungsgeraden $B_1 C_1$ und $B_2 C_2$ sind zu messen und als Mittel für die Strecke BC einzuführen.

δ) Eine einfache Linienskonstruktion, ohne Winkelabsteckung, zeigt die Fig. 139. Man wählt den Standpunkt D so, daß B und C von ihm aus gut gesehen werden, verbindet D mit B und C, verlängert beide Geraden über D hinaus und mißt $DN = BD$ und $DM = CD$; die Verbindungslinie MN ist die gesuchte Entfernung BC .

Zur Kontrolle müßte die gleiche Konstruktion auf der anderen oder auch auf derselben Seite von AE wiederholt werden.

ϵ) Eine allgemeine Lösung, die den Vorzug größerer Genauigkeit hat, ist die Konstruktion eines beliebigen Dreiecks (siehe Fig. 140). Man legt das Dreieck $B D_1 C$ (oder $B D_2 C$), möglichst gleichseitig (nach vorheriger Schätzung der Länge von BC), und ermittelt die Horizontalwinkel α, β, γ (oder $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1$) mit

Hilfe des „Theodolits“ (s. S. 94) und die Länge der Dreiecksseiten BD_1 und D_1C (oder BD_2 und D_2C).

Dann verhält sich nach dem Sinussatze der ebenen Trigonometrie:

$$BC : BD_1 = \sin \beta : \sin \gamma.$$

Daraus:

$$BC = \frac{BD_1 \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}.$$

Weiter verhält sich:

$$BC : CD_1 = \sin \beta : \sin \alpha.$$

Daraus:

$$BC = \frac{CD_1 \cdot \sin \beta}{\sin \alpha}.$$

Das Mittel aus beiden Werten, die innerhalb der gestellten Fehlergrenze (s. S. 49) übereinstimmen sollen, gibt das gesuchte Maß für BC .

Wäre das Dreieck BD_2C gelegt, so ist in gleicher Weise nach dem Sinussatze zu verfahren.

Beispiel. In dem Dreiecke BD_1C (Fig. 140) ist gemessen die Strecke: $BD_1 = 100,12$ m, $CD_1 = 96,21$ m; der Horizontalwinkel $\alpha = 51^\circ 35' 45''$, $\beta = 73^\circ 40' 05''$, $\gamma = 54^\circ 43' 25''$.

Stellt man die Winkelsumme in dem Dreiecke zusammen, so ergibt sich (s. unten) eine Winkelsumme $179^\circ 59' 15''$. Die Abweichung $180^\circ 00' 00'' - 179^\circ 59' 15'' = +45''$ wird gleichmäßig (s. unten) auf jeden der drei Winkel verteilt, so daß die in die weitere Rechnung einzuführenden Winkel betragen $\alpha = 51^\circ 36' 00''$, $\beta = 73^\circ 40' 20''$, $\gamma = 54^\circ 43' 40''$.

Winkel	Zu verteilen	Endgültiger Winkel
$\alpha = 51^\circ 35' 45''$	+ 15''	$\alpha = 51^\circ 36' 00''$
$\beta = 73^\circ 40' 05''$	+ 15''	$\beta = 73^\circ 40' 20''$
$\gamma = 54^\circ 43' 25''$	+ 15''	$\gamma = 54^\circ 43' 40''$
Summe = $179^\circ 59' 15''$		
Soll = $180^\circ 00' 00''$		
Differenz $d = + 45''$	+ 45''	Soll = $180^\circ 00' 00''$
$\frac{d}{3} = + 15''$		

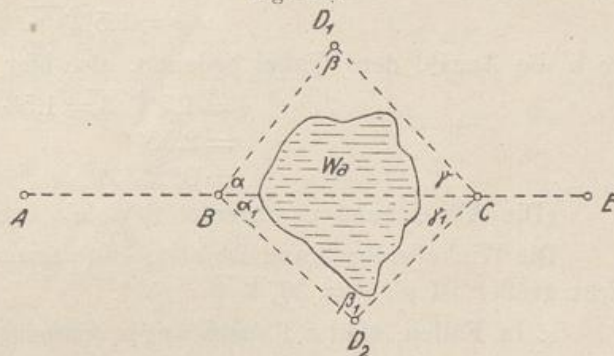
Hiernach ist:

$$BC = \frac{BD_1 \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$$

und

$$BC = \frac{CD_1 \cdot \sin \beta}{\sin \alpha}$$

Fig. 140.



$\log 100,12 = 2,00052$	$\log 96,21 = 1,98322$
$\log \sin 73^\circ 40' 20'' = 9,98212$	$\log \sin 73^\circ 40' 20'' = 9,98212$
$\text{cpl log}^*) \sin 54^\circ 43' 40'' = 0,08809$	$\text{cpl log} \sin 51^\circ 36' 00'' = 0,10585$
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
$\log BC = 2,07073$	$\log BC = 2,07119$
$BC = 117,69 \text{ m}$	$BC = 117,81 \text{ m}$

Die beiden Werte BC weichen um 0,12 m ab. Gestattet ist nach Tabelle II des Anhanges in der Geländeklasse II: $d_{II} = 0,23 \text{ m}$. Da die Fehlergrenze innegehalten wird, ist

$$BC = \frac{117,69 + 117,81}{2} = 117,75 \text{ m}$$

als endgültiges Maß anzusehen.

Bei Ueberschreitung der Fehlergrenze sind, wenn kein Rechenfehler vorliegt, die Streckenlängen BD_1 und D_1C nachzuprüfen. Zeigt sich bei der nochmaligen Messung keine größere Differenz, als gemäß Seite 49 erlaubt ist, so ist die Winkelmessung auf grobe, sich aufhebende Fehler zu untersuchen, auch wenn die Winkelsumme gegen den Sollbetrag von 180° nicht um mehr abweicht als:

$$\delta = 1,5' \sqrt{n},$$

wo n die Anzahl der Winkel bedeutet, also hier nicht mehr als:

$$\begin{aligned} \delta &= 1,5' \sqrt{3} = 1,5' \cdot 1,7 \\ &= 2,55' \\ &= 0^\circ 2' 33'' \end{aligned}$$

(Die Abweichung in unserem Beispiele beträgt $45''$, siehe S. 53).

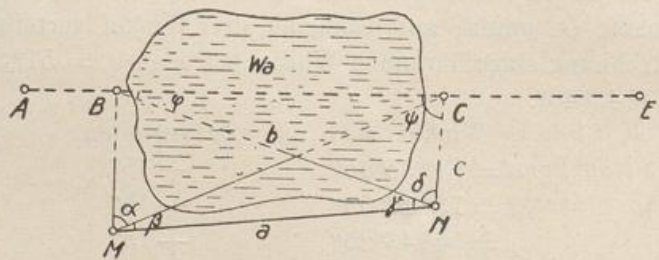
Die Winkelbeobachtung ist als „Gut“ anzusprechen, wenn die Abweichung nicht größer ist als $\delta = 30'' \sqrt{3} = 51''$.

ε . In Fällen, wo (z. B. auch wegen sumpfigen Bodens) die Aufstellung eines „Theodolits“ auf den Punkten B und C nicht möglich ist, werden zwei voneinander sichtbare und durch Längenmessung gut zu erreichende Punkte M und N (siehe Fig. 141) auf festem Boden ausgesucht und mit den Punkten B und C durch die Dreiecke MBN und MCN verbunden.

Wird die „Grundlinie“ $MN = a$, die man

ungefähr gleich der gesuchten BC wählt, ihrer Länge nach bestimmt, und die Horizontalwinkel α , β , γ und δ mittels eines „Theodolits“ gemessen, so ist nach Einführung der Buchstaben b , c , φ und ψ in die Figur:

Fig. 141.



*) cpl log bedeutet die Ergänzung des \log zu 10 und wird in die Rechnung eingeführt, um die sonst nötige Subtraktion zu vermeiden. Hier ist:

$$\begin{aligned} \log \sin 54^\circ 43' 40'' &= 9,91191 \\ \text{cpl log} \sin 54^\circ 33' 40'' &= 0,08809 \\ \hline \text{Also Summe} &= 10,00000 \end{aligned}$$

In dem Dreiecke MBN:
$$b = \frac{a \sin(\alpha + \beta)}{\sin[180 - (\alpha + \beta + \gamma)]}$$

$$= \frac{a \sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha + \beta + \gamma)}$$
 Gl. 1.

in dem Dreiecke MCN:
$$c = \frac{a \sin \beta}{\sin[180 - (\beta + \gamma + \delta)]}$$

$$= \frac{a \sin \beta}{\sin(\beta + \gamma + \delta)}$$
 Gl. 2.

in dem Dreiecke BCN:
$$\varphi + \psi = 180^\circ - \delta$$
 daraus:
$$\frac{\varphi + \psi}{2} = 90 - \frac{\delta}{2}.$$
 Gl. 3.

In dem Dreiecke BCN ist außerdem: $\sin \varphi : \sin \psi = c : b$

oder:
$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = \frac{c}{b},$$

oder gemäß den Regeln der ebenen Trigonometrie

$$\frac{\sin \varphi - \sin \psi}{\sin \varphi + \sin \psi} = \frac{c - b}{c + b}$$

oder:
$$2 \cos \frac{\varphi + \psi}{2} \sin \frac{\varphi - \psi}{2} = \frac{c - b}{c + b}$$

$$2 \sin \frac{\varphi + \psi}{2} \cos \frac{\varphi - \psi}{2} = \frac{c + b}{c - b}$$

oder:
$$\operatorname{ctg} \frac{\varphi + \psi}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2} = \frac{c - b}{c + b}$$

und daraus:
$$\operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2} = \frac{c - b}{c + b} \operatorname{tg} \frac{\varphi + \psi}{2}.$$

Aus Gleichung 3 hier: $\frac{\varphi + \psi}{2} = 90 - \frac{\delta}{2}$ gesetzt,

ergibt:
$$\operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2} = \frac{c - b}{c + b} \operatorname{ctg} \frac{\delta}{2}$$
 Gl. 4.

Werden aus Gl. 3 und 4 die Winkelwerte für $\frac{\varphi + \psi}{2}$ und $\frac{\varphi - \psi}{2}$ berechnet, so ergibt sich:

$$\varphi = \frac{\varphi + \psi}{2} + \frac{\varphi - \psi}{2}$$
 Gl. 5.

$$\psi = \frac{\varphi + \psi}{2} - \frac{\varphi - \psi}{2}$$
 Gl. 6.

Schließlich erhält man im Dreieck BCN:

$$BC = \frac{b \cdot \sin \delta}{\sin \psi}$$
 Gl. 7.

und
$$BC = \frac{c \cdot \sin \delta}{\sin \varphi}.$$
 Gl. 8.

Da eine Kontrolle für die Richtigkeit der abgeleiteten Strecke BC nicht besteht, empfiehlt es sich, wenn man etwa die umständliche Konstruktion nicht noch einmal an anderer Stelle vornehmen will, die Messung der Größen a , α , β , γ , δ im Felde doppelt auszuführen.

Beispiel: Gemessen ist $a = 126,10$ m und $= 126,24$ m, im Mittel $= 126,17$ m. Die Winkel, schon gemittelt, sind: $\alpha = 66^\circ 58' 10''$, $\beta = 17^\circ 34' 14''$, $\gamma = 22^\circ 02' 24''$ und $\delta = 67^\circ 44' 20''$.

Nach Gl. 1 ist:

$$b = \frac{a \sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha + \beta + \gamma)}$$

$$\log 126,17 = 2,10096$$

$$\log \sin 84^\circ 32' 24'' = 9,99802$$

$$\text{cpl log sin } 106^\circ 34' 48'' = 0,01844$$

$$\log b = 2,11742$$

$$b = 131,05 \text{ m}$$

nach Gl. 2 ist:

$$c = \frac{a \sin \beta}{\sin(\beta + \gamma + \delta)}$$

$$\log 126,17 = 2,10096$$

$$\log \sin 17^\circ 34' 14'' = 9,47983$$

$$\text{cpl log sin } 107^\circ 20' 58'' = 0,02022$$

$$\log c = 1,60101$$

$$c = 39,90 \text{ m.}$$

Aus c und b wird nach Gl. 4 berechnet:

$$\text{tg } \frac{\varphi - \psi}{2} = \frac{c - b}{c + b} \text{ctg } \frac{\delta}{2}.$$

Dabei ist:

$$c - b = -91,15 \text{ m} \quad \log(c - b) = 1,95976_n$$

$$c + b = 170,95 \text{ m} \quad \text{cpl lg}(c + b) = 7,76713$$

$$\frac{\delta}{2} = 33^\circ 52' 10'' \quad \log \text{ctg } \delta/2 = 0,17314$$

$$\log \text{tg } \frac{\varphi - \psi}{2} = 9,90003_n$$

$$\frac{\varphi - \psi}{2} = -38^\circ 27' 46''$$

$$\text{Aus:} \quad \frac{\varphi + \psi}{2} = 90 - \frac{\delta}{2} = 56^\circ 07' 50''$$

$$\text{und} \quad \frac{\varphi - \psi}{2} = -38^\circ 27' 46''$$

berechnet man nach Gl. 5 und 6:

$$\varphi = \frac{\varphi + \psi}{2} + \frac{\varphi - \psi}{2} = 56^\circ 07' 50'' - 38^\circ 27' 46'' = 17^\circ 40' 04''$$

$$\text{und} \quad \psi = \frac{\varphi + \psi}{2} - \frac{\varphi - \psi}{2} = 56^\circ 07' 50'' + 38^\circ 27' 46'' = 94^\circ 35' 36''.$$

Aus $b = 131,05$ m, $c = 39,90$ m, $\delta = 67^\circ 44' 20''$, $\varphi = 17^\circ 40' 04''$ und $\psi = 94^\circ 35' 36''$ folgt schließlich nach Gl. 7 und 8:

$$BC = \frac{b \cdot \sin \delta}{\sin \psi}$$

$$\log b = 2,11742$$

$$\log \sin \delta = 9,96636$$

$$\text{cpl log sin } \psi = 0,00140$$

$$\log BC = 2,08518$$

$$BC = 121,67$$

$$BC = \frac{c \cdot \sin \delta}{\sin \varphi}$$

$$\log c = 1,60101$$

$$\log \sin \delta = 9,96636$$

$$\text{cpl log sin } \varphi = 0,51784$$

$$\log BC = 2,08521$$

$$BC = 121,68$$

Der zweite Wert für BC muß mit dem ersten bis auf kleine durch Abrundung der Logarithmen entstandene Abweichungen übereinstimmen, er hat nur die Bedeutung der Rechenprobe. Das Mittel $121,68$ m ist das anzuhaltende Maß.

2. Die Bestimmung der Ordinaten (s. S. 18) einschließlich ihrer Fußpunkte auf der Abscissenlinie bietet im allgemeinen keine Schwierigkeiten, wenn die auf-

zunehmenden Grenzpunkte zugänglich sind und die Längen der Ordinaten direkt gemessen werden können. Oft trifft allerdings nur eine der beiden Voraussetzungen, manchmal auch gar keine der beiden zu.

Im Falle einer Bach- oder Flußaufnahme, wo nur auf einer Seite eine Abscissenlinie gelegt ist, können die Grenzpunkte, z. B. Pfähle oder Grenzsteine des Wasserlaufes, auf der anderen Seite der Reihe nach durch einen Fluchtstab, von der Abscissenlinie sichtbar, bezeichnet werden, so daß die Absteckung der Ordinatenfußpunkte leicht vor sich geht. Läßt sich die direkte Messung der Ordinatenlängen — was stets anzustreben ist — nicht ermöglichen, so ist noch jeder Punkt durch die Absteckung einer Ordinate auf der Abscissenlinie unter einem Winkel von 45° (Winkelspiegel, Winkelprisma oder Winkeltrommel, s. S. 21 usw.) abzustecken, siehe Fig. 142 für einen einzelnen Punkt. Bei 45,55 ist der Fußpunkt für die rechtwinkelig abgesteckte, bei 60,05 die unter einem Winkel von 45° abgesteckte Ordinate. Da auf diese Weise ein gleichschenkelig-rechtwinkliges Dreieck entsteht, wird die eigentlich zu messende Ordinate durch das Maß $60,05 - 45,55 = 14,50$ ersetzt, das in Klammern der Ordinate beigeschrieben wird. Eine Aufnahme mit mehreren Punkten zeigt die Fig. 143.

Fig. 142.

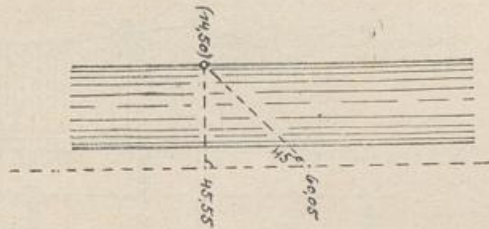
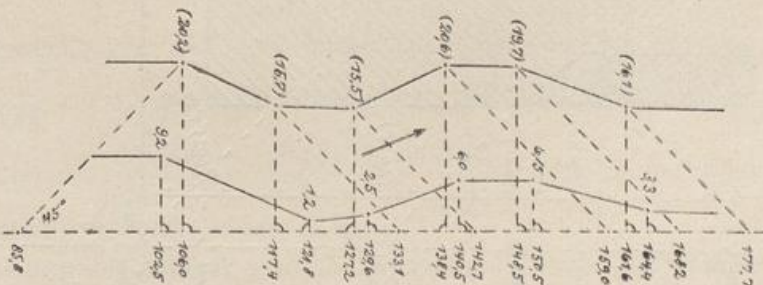


Fig. 143.



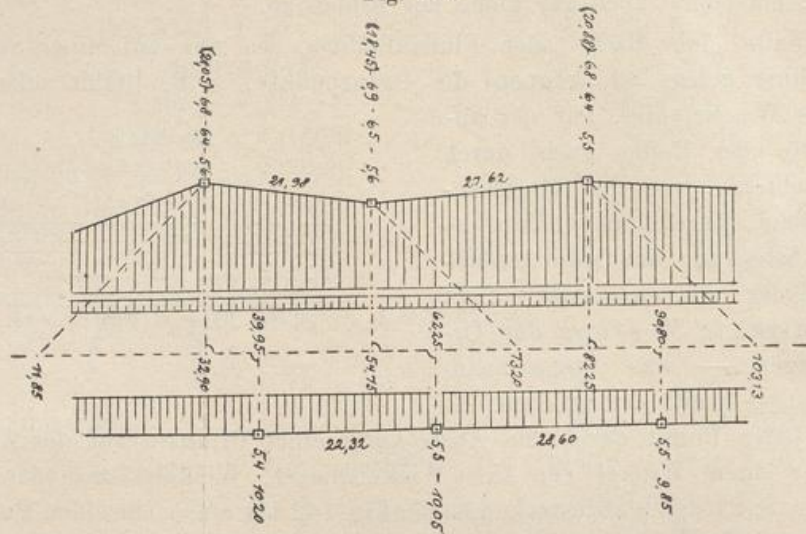
Sobald die aufzumessenden Punkte gegen die Abscissenlinie sehr hoch oder tief, z. B. auf steilen Böschungen (Fig. 144) oder in Einschnitten gelegen sind, kann von den oben aufgeführten Instrumenten nur die Winkeltrommel (s. a. das auf S. 29 Gesagte) benutzt werden.

Dieser Fall kann auch bei der Aufnahme hochgelegener Messungspunkte (Blitzableiter, Fahnenstangen u. dergl.) oder unzugänglicher Gebäudekanten eintreten, wo steile Visuren von einer nahe vorbeilaufenden Abscissenlinie zu erwarten sind. Die Fig. 145 zeigt solche Verhältnisse.

Der Punkt a (Fig. 145) ist eine Fahnenstange auf einem Gebäude, das durch schraffierte Linien gekennzeichnet ist. Die mit einer Winkeltrommel abgesteckten Fußpunkte zeigen die Abscissenmaße 154,46 m bzw. 186,93. Der Punkt b, eine wichtige Kante des Gebäudes ist ebenfalls mit der Winkeltrommel aufgenommen

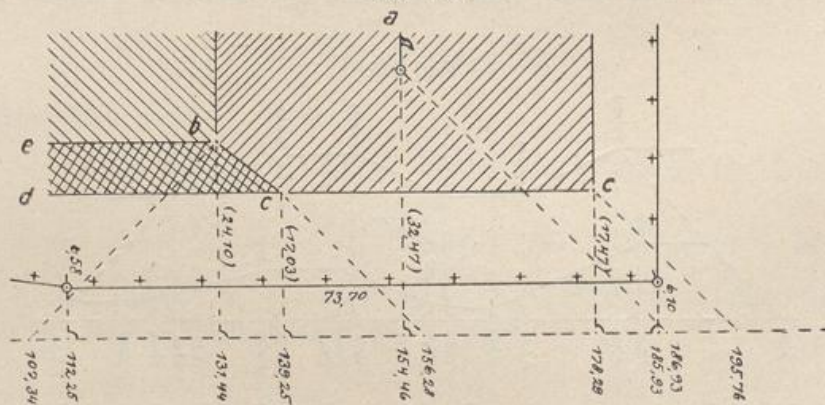
worden, da sie infolge eines kleinen Vorbaues $ebdc$ unzugänglich und von der Abscissenlinie aus hoch über diesem zu sehen ist.

Fig. 144.



Die beiden Punkte cc sind gleichfalls durch die Absteckung von rechtwinklig-gleichschenkligen Dreiecken festgelegt worden, weil das Grundstück einer gärtnerischen Anlage wegen nicht betreten werden durfte.

Fig. 145.

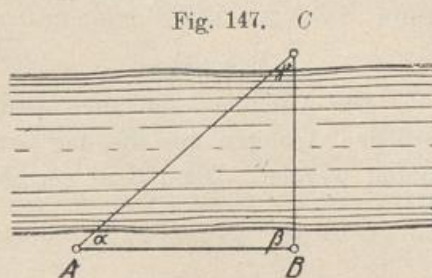
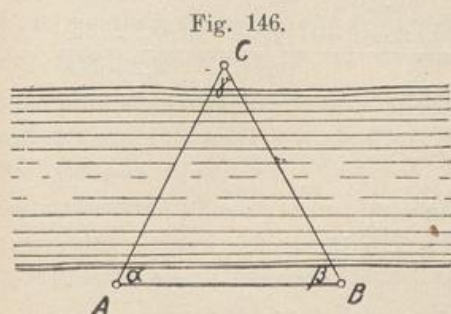


3. Die unter ϵ (Seite 52) angegebene allgemeine Dreieckskonstruktion ist, etwas abgeändert, ein vielfach angewendetes Hilfsmittel bei der Ermittlung von Flußbreiten, deren Kenntnis, z. B. für die Anlage einer Brücke erwünscht ist. Je nach der Güte der benutzten Längen- und Winkelmeßwerkzeuge lassen sich die gesuchten Längen bis zur größten Schärfe ermitteln.

Auch hier ist eine sehr günstige Figur das gleichseitige (Fig. 146) oder gleichschenklig-rechtwinklige (Fig. 147) Dreieck, dessen einzelne Anlage bei wiederholter Messung der weiter einzuführenden Größen stets ausreicht.

B und C (Fig. 147), zwei Uferpunkte in der Achse des Bauwerks gelegen, seien durch zwei starke Pfähle mit eingeschlagenen Nägeln oder durch Steine mit $+$ oder zwei Betonpfiler mit Gasrohrstück vermarkt. Zur Bestimmung

der Länge BC wird am Ufer entlang eine günstig gelegene Grundlinie AB gelegt, deren Endpunkt A gleichfalls, wie oben angegeben, vermarktet wird. Aus



der zu messenden Strecke AB und den Winkeln α , β und γ wird die Strecke CB nach dem Sinussatze (siehe S. 53) berechnet zu:

$$BC = \frac{AB \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$$

Beispiel. Die Grundlinie AB ist dreimal mittels zwei 5 m-Meßblatten gemessen worden. Die Länge der Latten wurde mit Hilfe der Normalmeter (siehe S. 33) zu:

$$\begin{aligned} \text{„schwarze Latte“ (s. S. 39)} &= 5,001 \text{ m} \\ \text{„rote Latte“} &= 4,999 \text{ m} \end{aligned}$$

ermittelt.

Die sorgfältigst durchgeführte Messung ergab, auf mm abgelesen:

$$\begin{aligned} AB &= 196,100 \text{ m} \\ BA &= 196,122 \text{ m} \\ AB &= 196,132 \text{ m} \end{aligned}$$

Die Abweichungen der drei Messungen gegeneinander ergeben kleinere Beträge als $\frac{1}{2000}$ der Länge (s. S. 49), also als $d = 196 \cdot \frac{1}{2000} = 0,098 \text{ m}$.

Das Mittel mit $\frac{196,100 + 196,122 + 196,132}{3} = 196,118 \text{ m}$ ist die in die Rechnung einzuführende Grundlinie AB.

Die Messung der Winkel geschah mit einem „Theodoliten“ (siehe Winkelbuch Seite 124).

Es ergab sich:

$$\alpha = 41^\circ 39' 03'', \quad \beta = 89^\circ 12' 03'', \quad \gamma = 49^\circ 09' 01''.$$

Eine Zusammenstellung der Winkel α , β , γ zur Winkelsumme im Dreieck (s. S. 53) zeigt die Differenz $180^\circ - 180^\circ 00' 07'' = -7''$, die in den Beträgen $-2''$, $-2''$ und $-3''$ den drei Winkeln zugefügt wird. Die Winkel sind hiernach endgültig:

$$\alpha = 41^\circ 39' 01'', \quad \beta = 89^\circ 12' 01'', \quad \gamma = 49^\circ 08' 58''.$$

Aus der Formel:

$$BC = \frac{AB \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$$

wird nach Einsetzen der Werte erhalten:

$$BC = \frac{196,118 \cdot \sin 41^\circ 39' 01''}{\sin 49^\circ 08' 58''}$$

$$= 172,304 \text{ m.}$$

$$\log 196,118 = 2,29252$$

$$\log \sin 41^\circ 39' 01'' = 9,82255$$

$$\text{cpl } \log \sin 49^\circ 08' 58'' = 0,12123$$

$$\log BC = 2,23630$$

Die Aufgabe kann auch dann gelöst werden, wenn zur Vereinfachung der örtlichen Arbeiten nur die der Grundlinie AB anliegenden Winkel α und β bestimmt werden. Dann wird gerechnet:

$$BC = \frac{AB \cdot \sin \alpha}{\sin [180 - (\alpha + \beta)]}$$

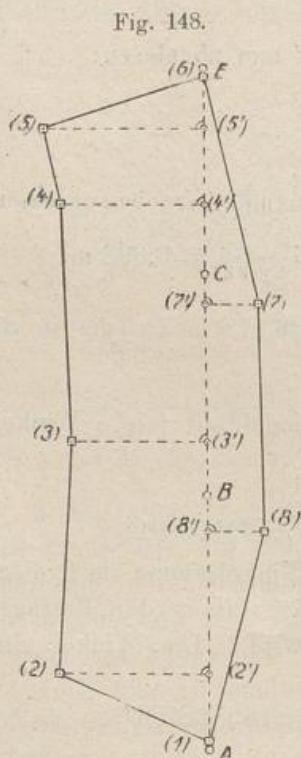
$$= \frac{AB \cdot \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)}$$

Es empfiehlt sich jedoch, stets auch den Winkel γ zu messen, da durch die Abgleichung der Winkel auf 180° eine wertvolle Kontrolle für die Richtigkeit der Winkelbeobachtung gewonnen wird.

5. Die eigentliche Koordinatenaufnahme.

Sobald die auf Seite 17 angegebene Feststellung der Grenzpunkte erfolgt ist und diese samt etwa vorhandener Gebäulichkeiten oder sonst in betracht kommenden Bauwerke in einer Skizze (s. S. 18) vermerkt sind, gilt es

über die aufzumessende Fläche eine „Abscissenlinie“ (s. S. 18) zu legen. Es genügt hierzu, soweit nicht breitere Flächenstreifen als 80 bis 100 m vorliegen, meist eine einzige solche Linie, auf die von den einzelnen Punkten mit Hilfe der früher beschriebenen Winkelinstrumente die „Ordinaten“ (siehe S. 18) gefällt werden, worauf letztere selbst und die Entfernungen vom Anfangspunkte der Abscissenlinien bis zu den abgehenden Ordinaten, den Ordinatenfußpunkten, zu messen sind.



Die Lage der Abscissenlinie ist so zu wählen, daß sie die Fläche längs in der Mitte oder diagonal durchschneidet. Liegen Hindernisse irgend welcher Art vor, so ist die Linie an der Seite, wenn möglich aber immer innerhalb der Fläche abzustecken. Es ist sehr zweckmäßig, wenn man die Abscissenlinie über zwei dauernd vermarkte Grenzpunkte legt, wie z. B. aus der Fig. 148 zu sehen ist, da die Linie besonders für Absteckungen sofort wieder hergestellt werden kann. Ist das unmöglich, dann sind 3 oder 4 Drainröhren, die überall zu haben sind, an passenden leicht aufzufindenden Stellen, am Anfange, Ende und in der Mitte der Linie, in den Untergrund zu versenken oder wenigstens Pfähle zu schlagen. Eine Tiefe von 0,4 bis 0,5 m für die Röhren ist meist ausreichend.

In Fig. 148 liegt ein langgestrecktes Grundstück vor, das vollständig durch Grenzsteine vermarktet ist. Die Abscissenlinie wird durch die 4 Fluchtstäbe A, B, C, E sichtbar gemacht; die Stäbe A und E stecken unmittelbar vor bzw. hinter der Mitte der Steine in der Richtung der Linie.

Bestimmt man die Ordinatenfußpunkte der Grenzpunkte (2), (3), (4) usw.*) auf der Abscissenlinie in der nach Seite 22 usw. angegebenen Weise und bezeichnet die Fußpunkte durch Pfählchen mit Zufügung der Nummern der betreffenden Grenzpunkte (1'), (2'), (3')... (Fig. 148), so bleibt nur noch übrig, die Ordinatenfußpunkte in der Abscissenlinie, also die einzelnen „Abscissen“ (s. S. 18) und die Längen der Ordinaten selbst zu bestimmen.

Hierzu bereitet man schon während der Absteckung der Ordinatenfußpunkte das „Feldbuch“**) oder einen „Handriß“ vor. Auf einem Blatt starkem Schreibpapier, das man in irgend einer Weise auf ein Stück Pappe befestigt, oder das bei größeren Arbeiten in einer der vielen angepriesenen Feldbuchmappen (Fig. 149 und 150) unter einem Rahmen festgehalten und aufbewahrt wird, zeichnet man freihändig zunächst die Abscissenlinie A B C E punktiert (Fig. 148)

Fig. 149.

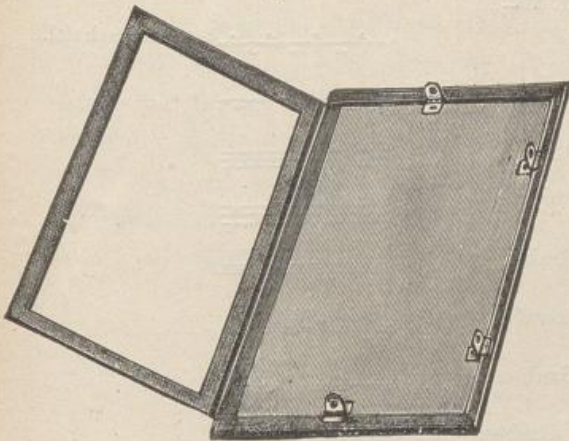
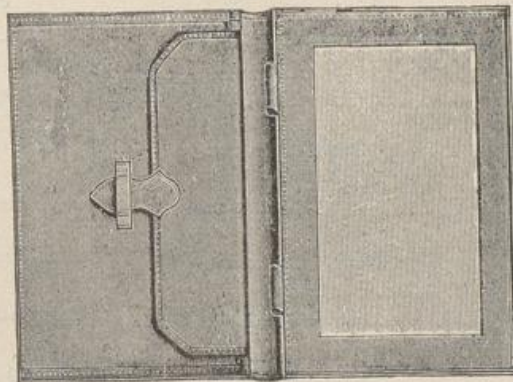


Fig. 150.



in Blei (Faber 4) oder in Tinte (Füllfederhalter) und darauf die Ordinaten nach den einzelnen Grenzpunkten (2), (3), (4) usw. in gleichfalls punktierten Linien.

Die Art der örtlichen Vermarkung der Grenzpunkte wird durch besondere Zeichen oder „Signaturen“ in dem Handrisse entsprechend der Fig. 151 kenntlich gemacht. Verbindet man die einzelnen Grenzpunkte durch gerade, voll ausgezogene Linien miteinander (Fig. 148), so ist der Handriß oder das Feldbuch fertig bis auf die Messungszahlen.

Wenn die Grenzzüge durch Hecken, Zäune, Erdwälle, schmale Gräben, Raine oder Mauern (s. a. S. 17) gebildet werden, kann man diese Verhältnisse gleichfalls durch Signaturen angeben (siehe Fig. 152). Aus der Stellung dieser

*) Die Punkte (1) und (6) liegen in der Abscissenlinie und haben die Abscissenmaße 0,00 m bzw. 85,55 m (Fig. 153), beide Ordinaten sind hier also 0,00 m.

**) Ueber Führung des „Feldbuches“ siehe auch die sehr zu empfehlende Schrift von Ziegler: Die Führung des Feldbuches, Verlag Jänecke in Hannover.

Zeichen ist auch ohne weiteres zu ersehen, auf welcher Seite des Zaunes, der Hecke usw. die eigentliche Grenze verläuft. Während die einseitige Signatur

Fig. 151.

Grenzzeichen bei oberirdischer Vermarkung. Grenzzeichen bei unterirdischer Vermarkung:

□ Grenzstein.	⊕ Grenzstein- oder Hohlziegel	} sind unter die Bodenfläche versenkt.
⊕ Grenzhügel.		
⊙ Hölzerne Grenzsäule.	⊕ Grenzpfahl	
⊙ Grenzpfahl.		
⊕ Grenzbaum.		

(Fig. 152 links) die Zugehörigkeit der Hecke usw. zu demjenigen Grundstücke angibt, auf dessen Seite das Zeichen sich befindet, lassen die an beiden Seiten (Fig. 152 rechts) angebrachten Signaturen zumeist ein gemeinschaftliches Eigentum an solchen Anlagen erkennen, deren Mitte stets die Grenze bildet.

Fig. 152.

einseitig		Hecke		gemeinschaftl.
„		Zaun		„
„		Erdwall		„
„		Bewachsener Erdwall		„
„		Schmaler Graben		„
„		Hecke mit Graben		„
„		Zaun mit Graben		„
„		Erdwall mit Graben		„
„		Bewachsener Erdwall m. Graben		„
„		Rain		„
„		Mauer		„

Die für die Flächenaufnahmen noch fehlenden Längenmessungen werden zunächst in der Abscissenlinie vorgenommen. Man beginnt am Grenzstein (1) der Fig. 153, nicht etwa beim Fluchtstabe A, liest an jedem Pfälchen der Ordinatenfußpunkte, zuerst für (2'), das Längenmaß, die Abscisse, ab und verfolgt die Linie bis zum Grenzstein (6), an welchem schließlich das Endmaß, hier 85,55, ermittelt wird. Die Abscissenmaße werden fortlaufend nach Fig. 153 in den Handriß eingetragen, das Endmaß (bei 6) wird doppelt unterstrichen.

Hierauf erfolgt die Messung der Ordinaten zwischen Grenzpunkt und Fußpunkt, den Nummern folgend, von (5) bis (2) links und rechts der Abscissenlinie. Das Einschreiben der Maße im Handriß geschieht zweckmäßig in der in

Fig. 153 angegebenen Weise; damit ist die eigentliche Aufnahme der Fläche vollendet.

In der Regel wird noch der Abstand von Grenzpunkt zu Grenzpunkt (1) (2), (2) (3) . . . , das „Kontrollmaß“, gemessen, um eine oft ausreichende Probe für die Richtigkeit der Aufnahme zu gewinnen. Da aus der Koordinatenmethode rechtwinklige Dreiecke mit dem Grenzpunktabstande als Hypotenuse abgeleitet werden können, wird nach dem Pythagoräischen Lehrsatz aus den gegebenen Abscissen- und Ordinatenunterschieden die Hypotenuse berechnet und dem gemessenen Maße gegenübergestellt, das mit dem berechneten innerhalb der auf Seite 49 angegebene Fehlergrenze übereinstimmen muß. Beispielsweise erhält man aus dem Dreiecke: (1) (2) Fußpunkt von (2) den Abstand (1) (2) zu $\sqrt{8,75^2 + 19,50^2} = 21,37$ m.

Gemessen ist: (1) (2) zu 21,40 m.

Die Differenz beträgt $21,40 - 21,37 = 0,03$, erlaubt ist in der Geländeklasse II nach der Tabelle unter Nr. II des Anhanges eine Abweichung von 0,11 m.

Für die Kontrolle der Grenzpunkte (2) und (3) berechnet man:

Die Strecke (2) (3) = $\sqrt{29,85^2 + 1,75^2}$, wo 29,85 den Abscissenunterschied $38,60 - 8,75$ und 1,75 den Ordinatenunterschied $19,50 - 17,75$ darstellt,

$$= 29,90 \text{ m}$$

Gemessen: 29,90 m

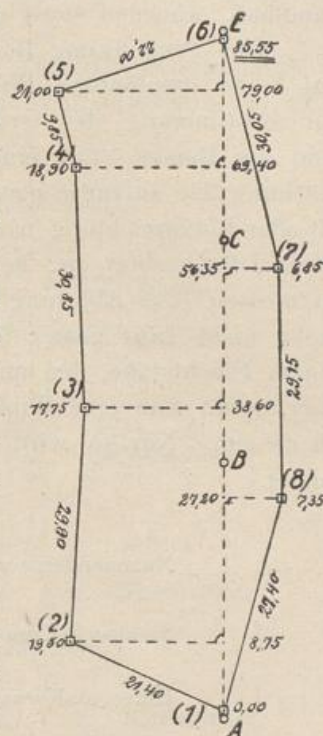
Unterschied: 0,00 m, erlaubt ist in der Geländeklasse II: 0,14 m.

Bei der Aufnahme von Gebäuden und von anderen Bauwerken werden häufig den aufstehenden Mauern entlang Linien gelegt und diese durch das „Fluchtzeichen“ (einen kleinen Pfeil) kenntlich gemacht siehe z. B. (Fig. 289) und Tafel IV und VI.

Zur Ableseschärfe der Längenmaße sei bemerkt, daß es im allgemeinen genügt, die Maße auf halbe Dezimeter abzurunden, also z. B. 120,10 oder 151,35 abzulesen. Bei der Aufnahme von Kulturgrenzen (s. S. 75 und Fig. 168) und bei der Bestimmung der Punktlage bei Höhenaufnahmen (Teil II des Werkes) ist die Angabe des vollen Dezimeters (153,1) vollständig ausreichend, dagegen wird bei Messungen in Ortschaften, wo die Grenzpunkte scharf durch Hausecken, durch Grenzsteine mit ausgemeißeltem Kreuz oder dergl. gegeben sind, auch das Zentimeter abgelesen und im Handriß geführt. Für Tracierungsarbeiten kann neben dem cm schließlich auch das mm erforderlich werden (Teil II des Werkes).

Nach der obigen Beschreibung (s. S. 62) wurde die Absteckung der Ordinatenfußpunkte und die Längenbestimmung der Ordinaten getrennt vorgenommen.



















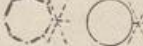

Fig. 153.



Bei hinreichender Uebung können beide Arbeiten ohne vorherige besondere Bezeichnung der Fußpunkte (S. 61) mit der Messung der Abscissenlinie verbunden werden, doch sind hierzu noch ein paar Meßblatten erforderlich oder ein Rollbandmaß, während sonst das Meßband oder ein Paar Latten allein ausreichen.

Die gemeinsame Benutzung von Stahlband und Meßblatten wurde bereits auf S. 48 empfohlen. Wird das Band in der Abscissenlinie geführt, so kann zur Bestimmung der Ordinatenfußpunkte von einem dritten Gehilfen (zwei sind am Bande) statt eines Fluchtstabes eine der beiden Latten zur Sichtbarmachung der aufzumessenden Grenzpunkte auf die Mitte dieser lotrecht (Fadenlot oder Lotvorrichtung nach S. 19) gehalten werden, um von hier aus nach dem Winkel-Beobachter zu, der am Meßbande die Abscisse bestimmt, die Ordinate zu messen. Die Ablesung des Ordinatenmaßes erfolgt zweckmäßig nicht an dem meist nicht ganz genau in der Abscissenlinie liegenden Meßbande, sondern an einem Fluchtstabe, den man in der Abscissenrichtung einfluchtet (s. S. 19), oder aber, wenn man eine Winkeltrommel oder ein Prisma an einem Stabe gebraucht, an diesem. Nur so wird eine sichere Bestimmung der Ordinatenlänge gewährleistet.

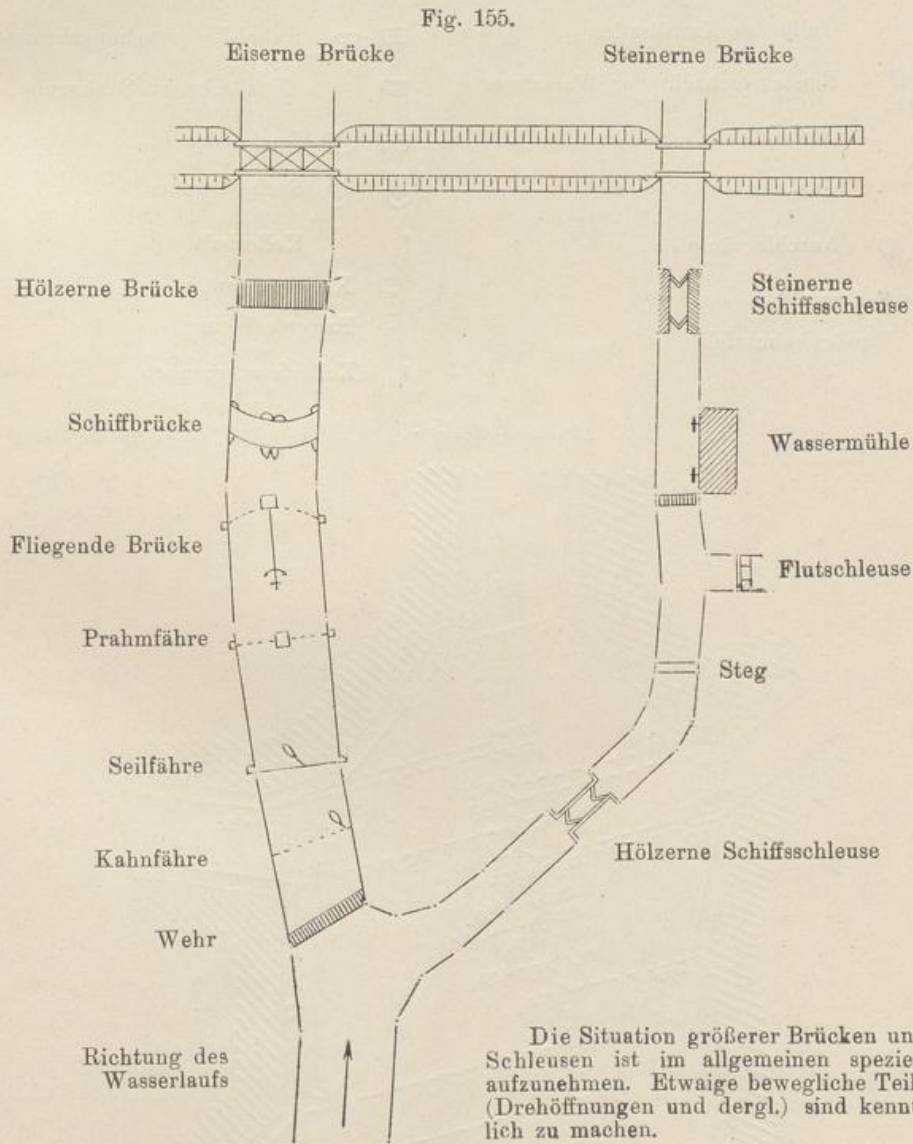
Fig. 154.

	Nummersteine an Chausseen		Pumpe
	Steinernes Kreuz od. Heiligenbild		Brunnen
	Hölzernes Kreuz od. Heiligenbild		Landbake (Schiffahrtszeichen)
	Warnungstafel		Ausgezeichnete Bäume
	Wegweiser		Gangbare Schächte
	Optische Telegraphen		Verlassene Schächte (Pingen)
	Stangen für elektr. Telegraphen		Bohrlöcher
	Barrieren		Stollen
	Straßenlaternen		Lochsteine (Oberirdische Steine zur Abgrenzung der Grubenfelder)
	Holländer-Windmühle (die Grundfläche der Holländer-Windmühle ist genau aufzunehmen und maßstäblich in die Karte einzutragen)		
	Bock-Windmühle		

Neben den früher (Fig. 151 und 152) aufgeführten Grenzzeichen, die den „Bestimmungen über die Anwendung gleichmäßiger Signaturen für topographische und geometrische Karten, Pläne und Risse“ des Zentralkuratoriums der Vermessungen im Preußischen Staate, Verlag R. v. Decker, Berlin, entsprechen, sind noch verschiedene Signaturen für häufig

wiederkehrende topographische Gegenstände üblich, die gleichfalls den obigen Bestimmungen entstammen und in der Fig. 154 und 155 dargestellt sind. Weiter sind bei Stadtvermessungen Signaturen städtischer Anlagen im Gebrauch, von denen die wesentlichen in der Fig. 156 abgebildet sind.

Besondere Bezeichnungen liegen schließlich für eisenbahntechnische Bauanlagen vor in den „Vorschriften für das Vermessungswesen im Be-



reiche der Preußisch-Hessischen Eisenbahngemeinschaft“ (gültig vom 1. Januar 1913), gedruckt in Berlin bei Julius Sittenfeld, Hofbuchdrucker; auf diese sei im Bedarfsfalle verwiesen.

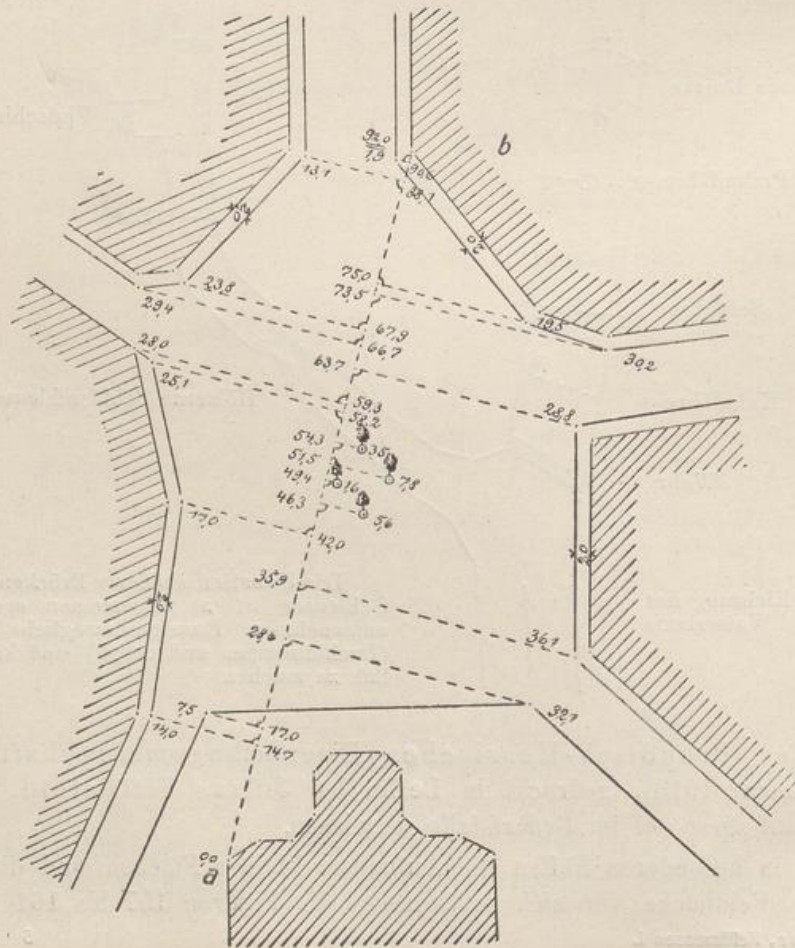
Wie in besonderen Fällen die Aufnahme kleiner Flächen und die Niederschrift im Feldbuche vor sich geht, lassen die Figuren 157 bis 161 erkennen.

Der in Figur 157 dargestellte freie Platz soll eine gärtnerische Anlage erhalten. Ein hierzu geforderter Lageplan mit dem Bürgersteig als Begrenzung

Fig. 156.

- | | |
|--------------------------------------|--|
| ⊞ ⊙ ⊞ Hydranten der Wasserwerke | ⊞ ⊞ Träger der Leitungen für elektr. Kraft |
| ♂ Schieberhahn der Wasserwerke | ⊞ ⊞ Elektrische Laterne |
| ⊞ Gully der Kanalisation | ⊞ ⊞ Kabel-Untersuchungsbrunnen |
| ⊞ ⊞ Einsteigeschacht der Wasserwerke | ⊞ ⊞ Einfallschacht, Senkgrube |
| ⊙ Gashahn | ⊞ ⊞ Denkmäler |
| ⊙ Gashahn | ⊞ ⊞ Springbrunnen |
| ⊞ ⊞ Anschlagssäule | ⊞ Kellerhals |
| ⊞ ⊞ Feuermelder | ⊞ Kellereingang |
| ⊞ ⊞ Straßenbahntafel | ⊞ Parterreeingang |
| | ⊞ Kellerfenstergruben |

Fig. 157.



des Platzes wird durch die einfache Koordinatenaufnahme erhalten. Die Abscissenlinie geht von der Turmecke a aus und endet in der Hausecke b. Die Brechpunkte der Bordsteine geben die Gestalt des Platzes genau wieder. Da der Platz gepflastert ist, werden die Ordinatenfußpunkte, falls auf ihre Kenntlichmachung (s. S. 64) nicht verzichtet wird, durch Kreidekreuze (+) auf dem Pflaster bezeichnet. Eine Baumgruppe von vier Linden, die bestehen bleiben soll, ist ihrer Lage nach genau fixiert.

Fig. 158.

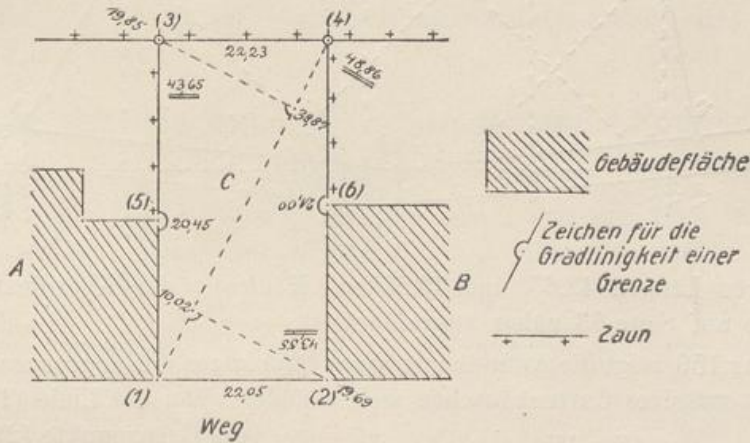
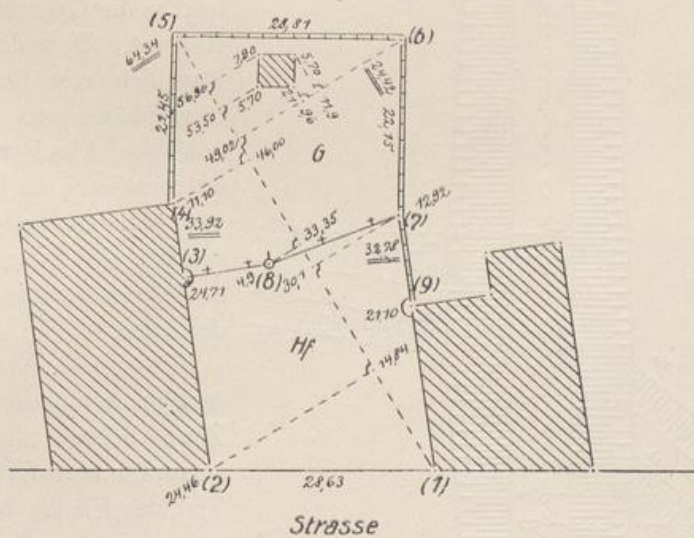


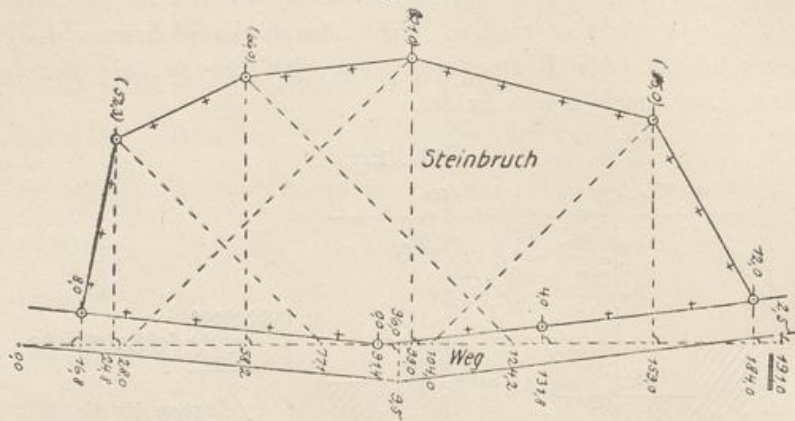
Fig. 159.



Figur 158. Zwecks Errichtung eines Wohnhauses zwischen den Gebäuden A und B ist die Aufmessung des Grundstückes C erforderlich. Die Abscissenlinie verläuft über die Grenzpunkte (1) und (4), über eine Hausecke und einen Zaunpfahl. Nach Koordinaten aufzunehmen sind nur die Hausecke (2) und der Zaunpfahl (3). Die Gebäudeecken (5) und (6) liegen in der Grenzlinie (1) (3)

bezw. (2) (4), was durch das Zeichen der Geradlinigkeit (s. Fig. 158) angegeben wird. Ihre Lage wird durch die Messung der Strecken (1) (3) und (4) (2) er-

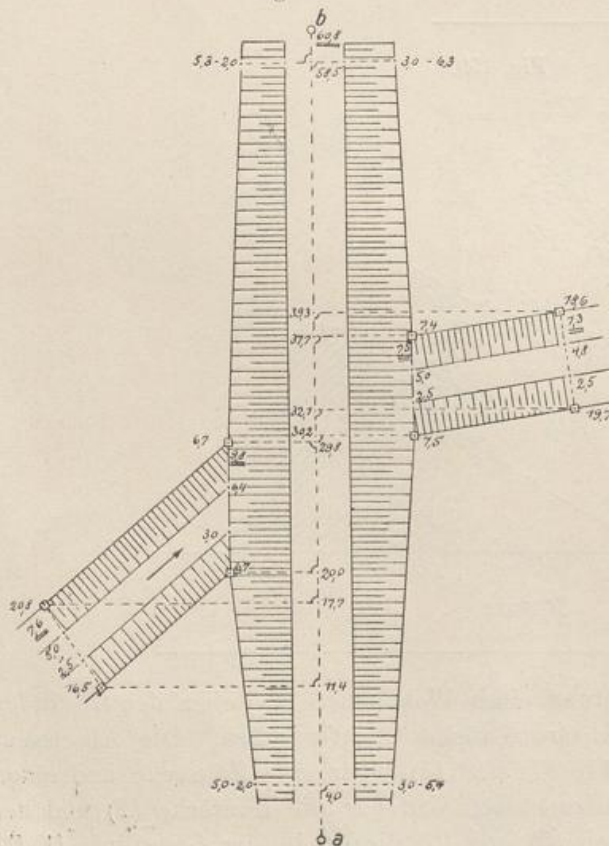
Fig. 160.



halten, deren Längen 43,65 und 43,55 zur Kontrolle der Koordinatenaufnahme dienen, wie auf Seite 63 näher ausgeführt ist.

Figur 159 zeigt die Aufmessung eines Bauplatzes mit angrenzendem Garten, in dem ein massives Gartenhäuschen sich befindet. Von der Linie (1) (5) werden die Grenzpunkte (2), (4) bis (8) nach Koordinaten aufgenommen.

Fig. 161.



Die Zaunecke (3) des Gartens liegt in der Grenzlinie (2) (4), die Hausecke (9) in der Linie (1) (7). Von den vier Eckpunkten des Gartenhäuschens werden zwei von der Abscissenlinie (1) (5) aufgemessen, die beiden anderen von der Ordinate des Grenzpunktes (6), die hier zugleich als Abscissenlinie niederen Grades gilt.

Figur 160. Von einem Steinbruche, der örtlich durch einen Zaun begrenzt wird, ist ein Lageplan anzufertigen. Da ein Teil der Fläche bereits tief abgebaut ist, muß die Abscissenlinie auf dem vorbeiführenden Wege abgesteckt werden. Eine Messung der Ordinaten ist nur für einige Grenzpunkte möglich, die anderen werden indirekt mit Hilfe einer Winkel-

trommel ermittelt (s. S. 57). Die Längen der letzteren Ordinaten sind vielfach größer als 50 m (s. S. 30), doch reicht die hier erzielte Genauigkeit der Ordinatenfußpunkte für den gewünschten Zweck der Arbeit vollständig aus.

Figur 161. An Stelle eines Röhrendurchlasses, der die ihm zugeführten größeren Wassermengen nicht mehr fassen kann, soll eine Eisenbetonbrücke mit seitlichen Flügeln gebaut werden. Die Baustelle ist in einem Lageplan darzustellen. Die Abscissenlinie wird in die Mitte des Weges gelegt und durch die in den Boden getriebenen Pfähle *a* und *b* vermarktet. Die Aufmessung erstreckt sich auf einige Grenzsteine, weiter auf die Fahrbahnkronen des Weges und die Sohle des Bachlaufes. (Ueber die erforderliche Höhenaufnahme siehe Teil II des Werkes über „Höhenmessung“).

II. Aufnahme mit Hilfe mehrerer zueinander durch Koordinaten festgelegter Linien.

Es ist schon früher (S. 60) gesagt worden, daß man bei der Aufnahme von langgestreckten, nicht über 80 und 100 m breiten Grundstücken nur eine

Fig. 162.

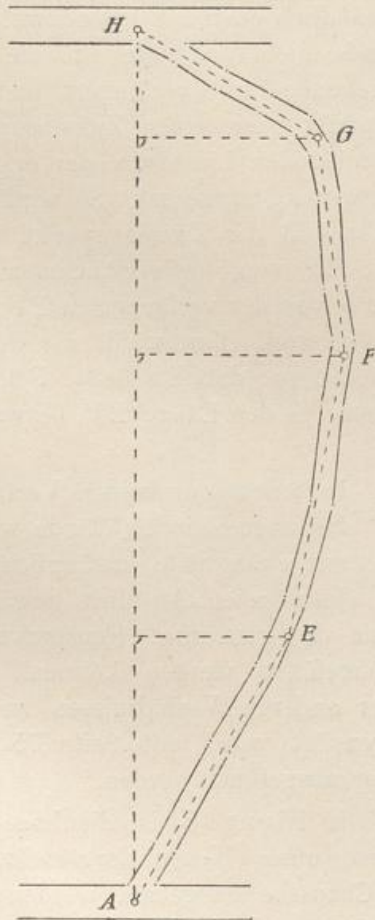


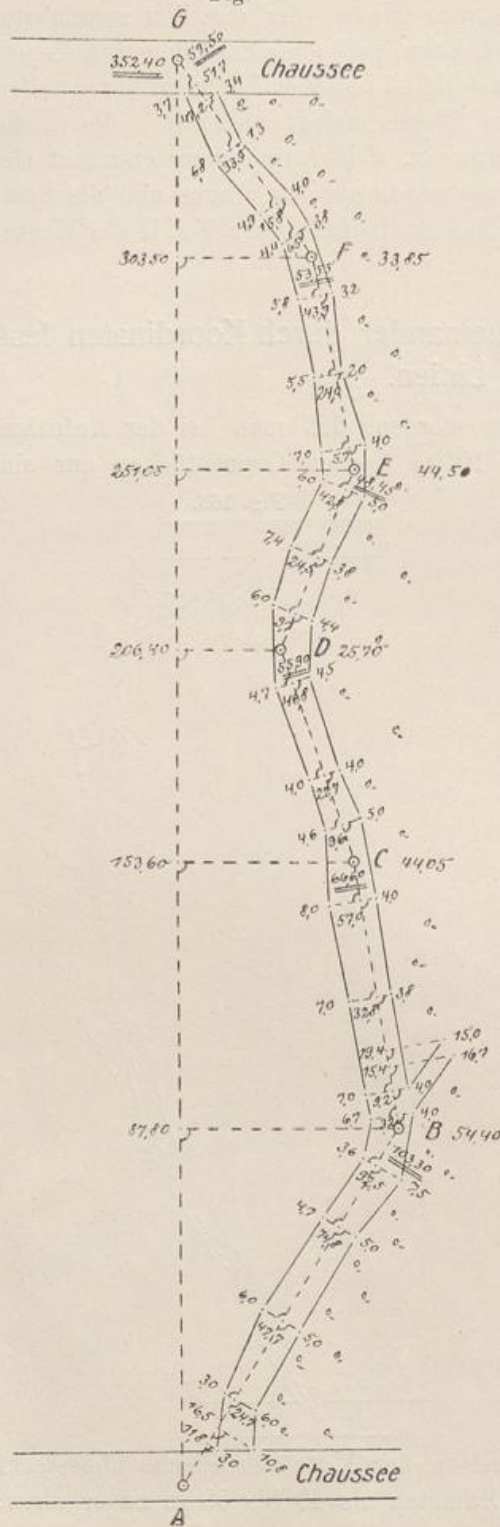
Fig. 163.



einzigste Abscissenlinie wählt, die möglichst in der Mitte der Fläche abgesteckt wird, um im allgemeinen nicht längere Ordinaten als 40 bis 50 m zu erhalten;

vereinzelte längere Ordinaten müssen mit besonderer Vorsicht abgesteckt werden. Für kleinere Flächen wird dieses Verfahren die Regel bilden.

Fig. 164.



1. Bei der Aufmessung sehr langer stark gekrümmter Wege, Wasserläufe oder Dammanlagen wird man oft, den Krümmungen folgend, eine gebrochene Abscissenlinie, z. B. A-E-F-G-H der Figur 162 vorsehen.

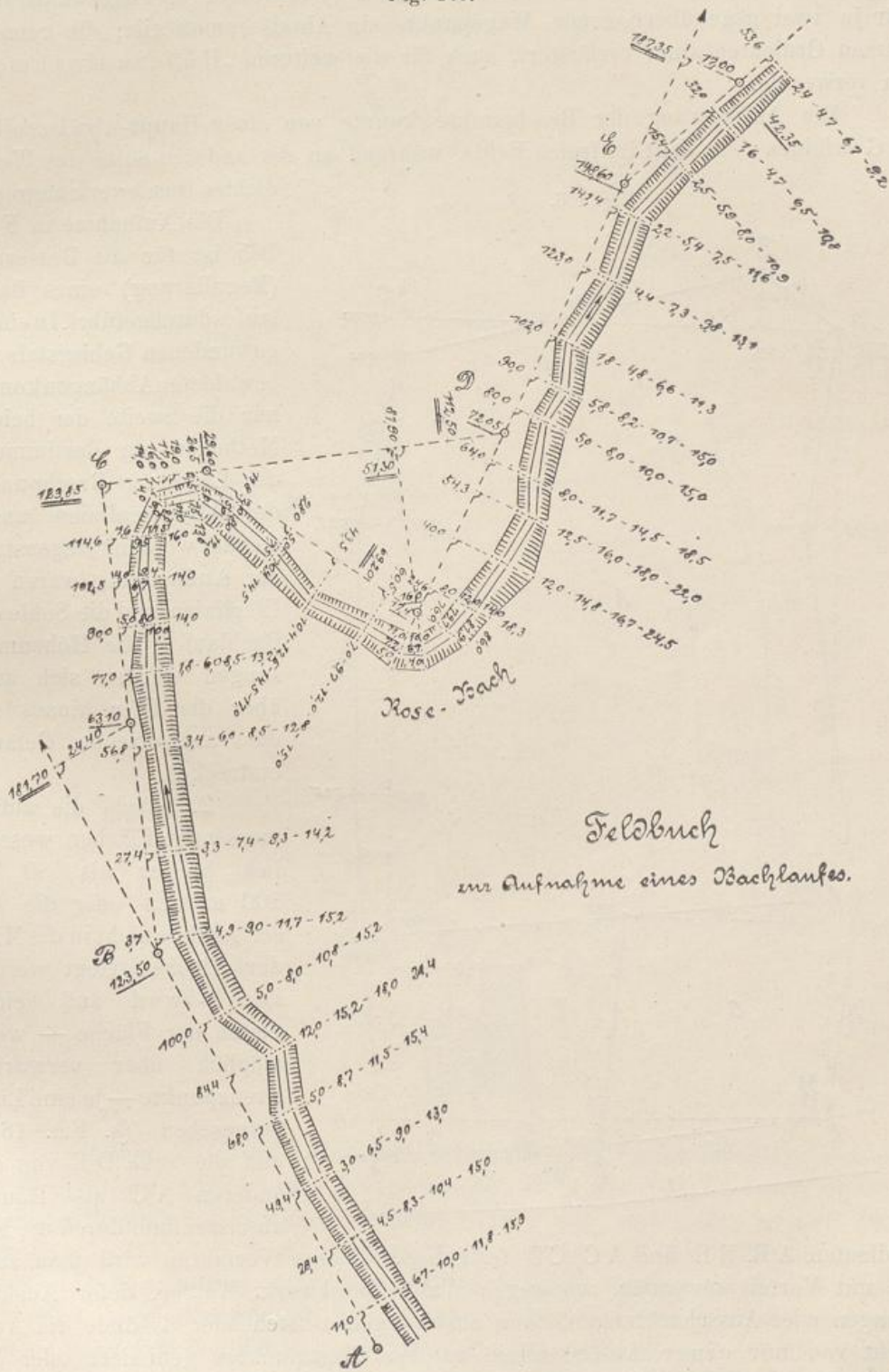
Der Zusammenhang der so entstehenden einzelnen Abscissenlinien A E, E F usw., der zur Herstellung des Lageplanes (s. S. 129 usw.) bekannt sein muß, wird dadurch bestimmt, daß entweder die Brechpunkte E, F, G von einer Haupt-Abscissenlinie, A H der Fig. 162, nach Koordinaten ermittelt werden, oder daß man, wenn dies zu umständlich oder aus irgend welchem Grunde nicht angängig ist, die vorhergehende Linie verlängert und den Endpunkt oder einen Zwischenpunkt der folgenden Linie von der ersteren rechtwinklig aufnimmt. So wird z. B. in Fig. 163 der Zwischenpunkt a der Linie E F von der verlängerten A E, dann b von der verlängerten E F usw. aufgemessen. Man wählt die Punkte a, b . . . so, daß Ea bzw. Fb mindestens $\frac{1}{3}$ der Länge E F bzw. F G ist.

In jedem der beiden Verfahren muß das angrenzende Gelände wenigstens auf einer Seite zugänglich sein und einen freien Ausblick gewähren, damit die genannten Konstruktionen durchgeführt werden können. Wie unter anderen Verhältnissen zu verfahren ist, wird auf Seite 75 usw. näher ausgeführt werden.

In Figur 164 ist die Lage-Aufnahme eines Weges dargestellt, der als Chaussee ausgebaut werden soll. Ueber die Feststellung der Höhenverhältnisse der vorhandenen Wege-

anlage und der seitlichen Grundstücke ist im Teile II des „Feldmessens“ das Erforderliche zu finden.

Fig. 165.

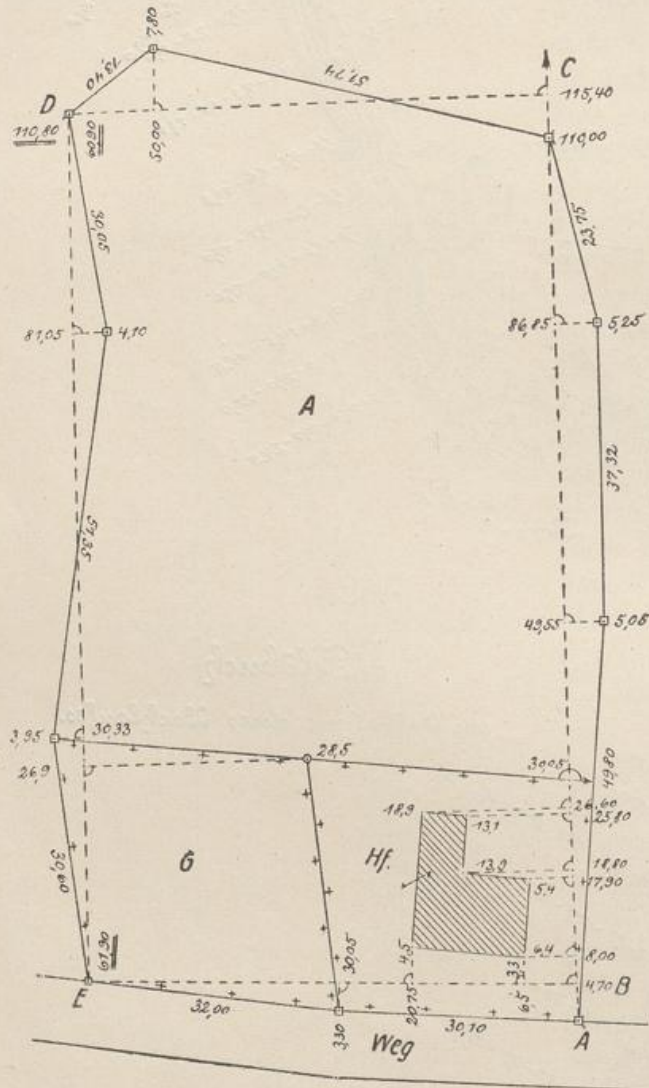


Feldbuch
zur Aufnahme eines Bachlaufes.

Die einzelnen Abscissenlinien A B, B C . . . sind in den Weg gelegt und wegen der Absteckungen beim Ausbaue des Weges in den Brechpunkten durch Pfähle vermarkt worden. Die aufzumessenden Punkte sind so ausgewählt, daß für je zwei gegenüberliegende Wegpunkte ein Abscissenmaß gilt; die gemeinsamen Ordinaten sind, verlängert, auch für die weiteren „Höhenaufnahmen“ zu verwenden.

Die Aufmessung der Brechpunkte konnte von einer Haupt-Abscissenlinie A G erfolgen; sie liegt im freien Felde, während an der anderen Seite des Weges dichtes Buschwerk angrenzt.

Fig. 166.



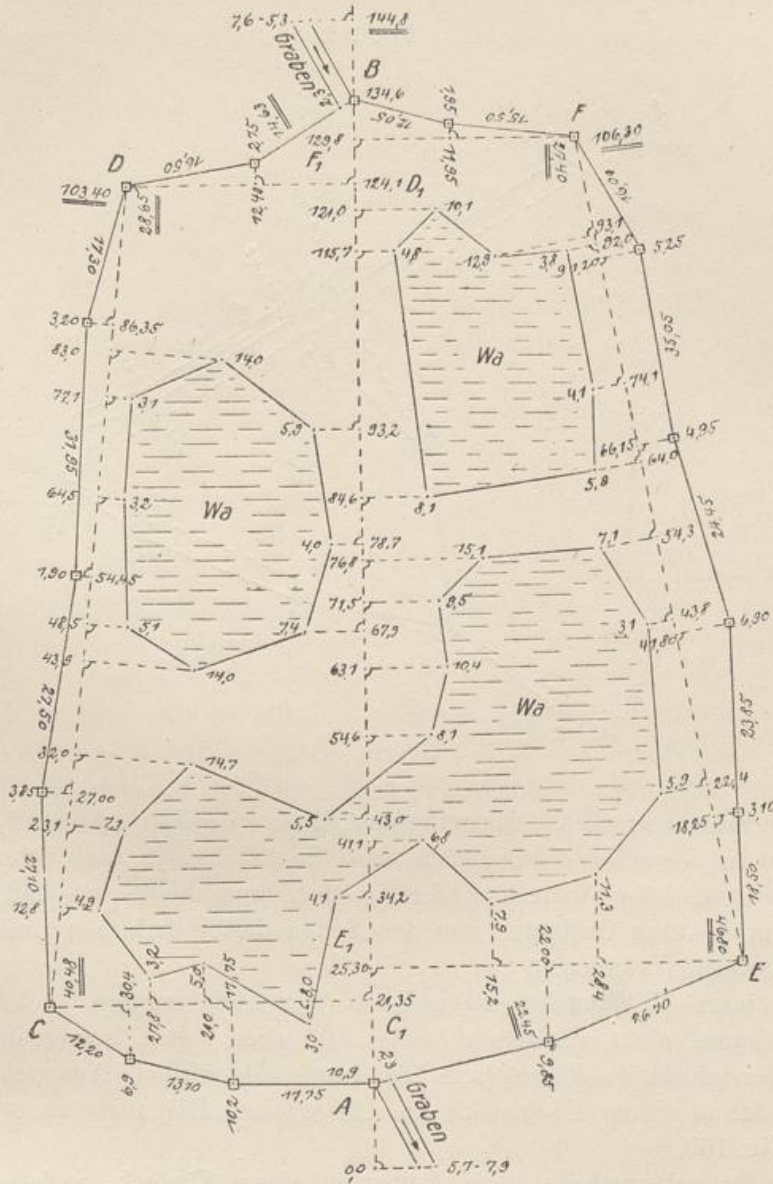
ordinaten A B, B E und A C, C D festgelegt. Dieses Verfahren wird man auch da mit Vorteil anwenden, wo wegen Wald, Buschwerk, Wasser, tiefer Auskolkungen oder Ausschachtungen, dann auch wegen aufstehender Gebäude die Aussicht von nur einer Abscissenlinie zu den Grenzpunkten gehindert oder die unmittelbare Messung der Ordinaten unmöglich gemacht wird.

Die Aufnahme in Fig. 165 ist für die Besserung (Regulierung) eines Bachlaufes durchgeführt. In einem gewundenen Gebirgstale mit bewaldeten Abhängen konnte nur die zweite der beiden Methoden zur Bestimmung der Lage der Brechpunkte der Abscissenlinien angewendet werden. Gegenstand der Aufmessung waren die Uferlinien und die Sohle des Bachlaufes; die Höhenmessungen würden sich auch über die Ufer hinaus auf das angrenzende Gelände erstrecken.

2. Sobald die aufzumessenden Flächen wesentlich breiter als 80 bis 100 m sind oder die Abscissenlinie nicht in die Mitte der Fläche gelegt werden kann, wird auf beiden Seiten der Fläche — wenn möglich über vermarkte Grenzpunkte — je eine Linie vorgesehen (s. Fig. 166), und die eine D E von der anderen A C als Hauptabscissenlinie durch die Ko-

Ein einfaches Beispiel dieser Methode ist die Aufmessung des Grundstückes nach Fig. 166, auf welchem eine Gärtnerei mit mehreren Treibhäusern errichtet werden soll.

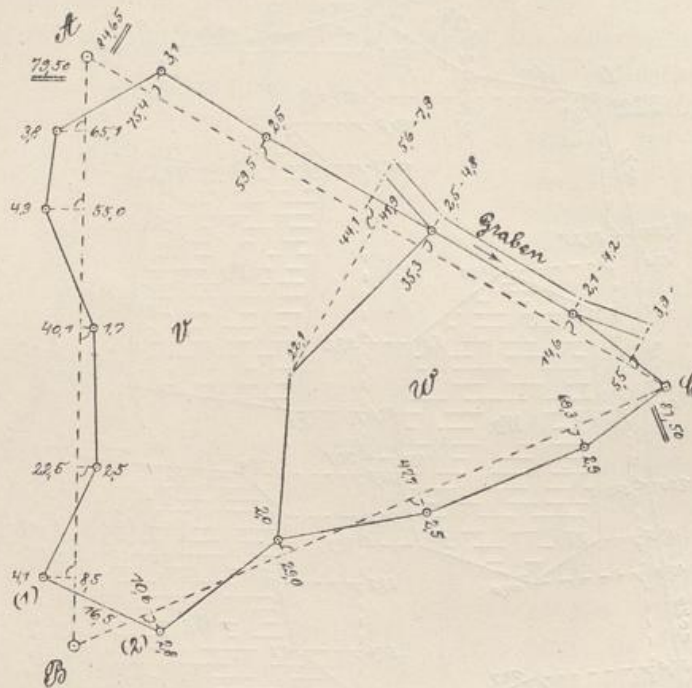
Fig. 167.



In gleicher Weise ist die Gestalt eines zu einer Fischzuchtanlage passenden ziemlich eben verlaufenden Geländeabschnittes (s. Fig. 167) bestimmt worden, in dem sich einige mit Wasser gefüllte Gruben von verschieden großer Ausdehnung, jedoch von fast gleicher Tiefe (0,5 bis 0,6 m) befinden. Hier wurde eine Erweiterung der Abscissenlinie insofern vorgenommen, als in der Mitte eine Hauptabscissenlinie AB und an beiden Seiten des Grundstückes die beiden Linien CD und EF angeordnet wurden, deren Endpunkte auf die Hauptlinie AB durch Koordinaten bezogen sind.

3. Handelt es sich um die Aufmessung ausgedehnter Flächen, bei denen die obigen Linienaufnahmen zu umständlich sich gestalten, und die späteren „Polygonzüge“ (s. S. 75) jedoch aus Mangel an einem geeigneten Winkelmeßinstrumente nicht in Anwendung gebracht werden können, dann werden die Abscissen-

Fig. 168.



linien zu einem in sich fest gefügten „Messungsliniennetz“ ausgebildet. Man geht in der Weise vor, daß man die Fläche, je nach ihrer Form, mit einem Dreieck oder Viereck bedeckt oder umschließt, so daß die Grenzpunkte durch kurze Ordinaten von den Seiten dieser einfachen Liniennetze aufgemessen werden können.

In einem Messungslinien-Dreieck (Fig. 168) werden, auch wenn es die Grenzaufnahme nicht verlangen sollte, alle drei Seiten gemessen, damit die weitere Herstellung des Planes (s. S. 132) ermöglicht wird*). Aus gleichem Grunde ist es nötig, in einem Viereck die Länge einer Diagonale zu ermitteln z. B. A C in Fig. 169.

Die Dreiecksmethode kann weiter zu einem Fünfeck, Sechseck usw. ausgebildet werden, doch immer unter der Voraussetzung, daß die benachbarten Dreiecke eine Seite gemeinsam haben, wie beispielsweise aus der **Tafel I** zu ersehen ist. Es kommt nur darauf an, möglichst geschickt die Dreiecke — am besten ist die gleichseitige Form — auf der Fläche zu verteilen, auch ist es erforderlich, die Längen der Dreiecksseiten mit der größten Vorsicht zu bestimmen, damit durch den fortgesetzten Aufbau der Dreiecke nicht eine unzu-

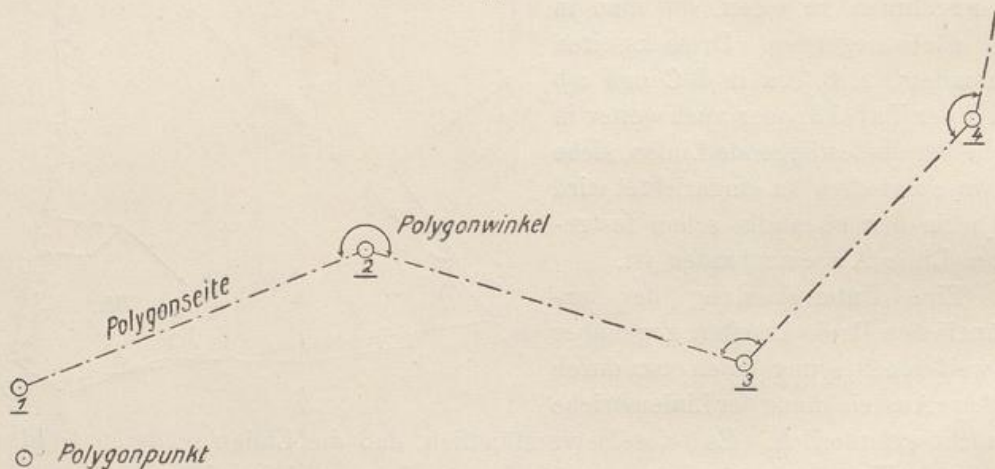
*) Siehe Anmerkung Seite 132.

gemessen, die von den benachbarten Abscissenlinien, den „Polygonseiten“, gebildet und Brechungs- oder „Polygonwinkel“ genannt werden.

1. Offene Polygonzüge.

In Fig. 170 sind die obigen Bezeichnungen an einem „offenen Polygonzuge“, wie die gebrochene Abscissenlinie heißt, angeschrieben. Die Polygonpunkte, in der Zeichnung Kreise mit 2 mm Durchmesser, werden zur gegenseitigen Unterscheidung fortlaufend, beginnend mit 1, numeriert und einmal unterstrichen. Wie die Polygonseiten selbst, deren Längen bis 300 m betragen können, gezeichnet werden, ist ebenfalls aus der Fig. 170 zu ersehen.

Fig. 170.

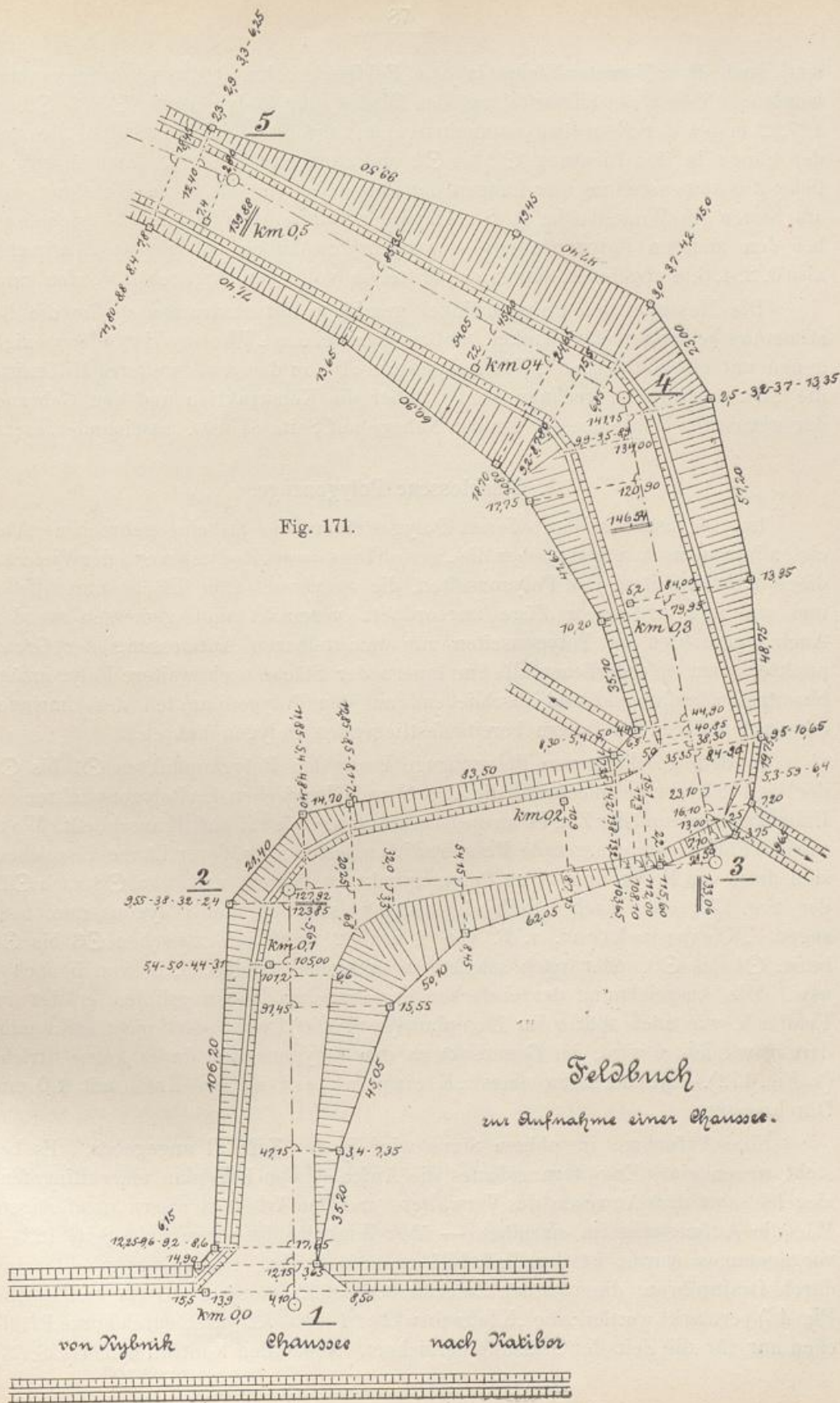


Die Lage der einzelnen Polygonpunkte wird durch die Oertlichkeit vorgeschrieben, indem einmal die Polygonseiten möglichst nahe an die aufzumessenden Grenzpunkte gelegt und weiter so ausgewählt werden, daß ihre Messung, mit Meßband oder Meßlatte, wie auch die Beobachtung der Winkel selbst (s. S. 109 u. 118) ohne Behinderung vorgenommen werden kann. Möglichst zu vermeiden sind stark wechselnde Längen der Polygonseiten, d. h. es ist durchweg ein gleichmäßiger Abstand der Polygonpunkte anzustreben.

In welcher Weise die Polygonpunkte örtlich vermarktet werden, ist auf Seite 12 usw. nachzulesen. Neben den genannten Mitteln — Kreuz (+) auf Pflaster oder Bordstein, Gasrohr in Beton ohne oder mit Sicherung (Fig. 31), Tonrohre, Drainrohre — werden oft die einfachen Grenzsteine mit Kreuzmal (Fig. 14) und, vorübergehenden Zwecken dienend, Pfähle mit Lochbohrung (Fig. 27) oder Nagel zur Verwendung kommen.

Bei der Aufnahme der Grenzpunkte wird jede Polygonseite als Abscissenlinie angesehen, wie z. B. aus der Fig. 171 zu entnehmen ist. Die Längen der Polygonseiten werden in der Regel durch nochmalige Messung, und zwar in der entgegengesetzten Richtung, geprüft.

Die Figur 171 stellt die teilweise Aufmessung einer Chaussee mit Seitenrampen dar. Die Polygonpunkte sind durch lotrecht gestellte Drainröhren 0,4 m tief unter der Bodenoberfläche vermarktet worden. Von den Polygonseiten



sind auch die Kilometer-Steine in dem Feldbuche (km 0,0 usw.) aufgenommen worden. Neben der Ermittlung des Maßes der Polygonseite $\odot 1$ bis $\odot 2$ zu 127,92 m bei der Koordinatenaufnahme selbst erfolgte eine nochmalige Messung der Länge in der Richtung $\odot 2$ bis $\odot 1$ und zwar zu 128,02 m. Eine übersichtliche Zusammenstellung der Längen der Polygonseiten und deren Mittelung wird am besten im Winkelbuche (s. S. 84) vorgenommen. Die Endmaße — siehe auch bei den anderen Polygonseiten — werden gewöhnlich auf gerade Zentimeter, also 0, 2, 4, 6, 8 abgelesen, damit das Mittel in vollen cm angegeben werden kann.

Die Messung der Polygonwinkel geschieht mit Instrumenten für die Bestimmung beliebig großer Winkel, und zwar mit einem „Theodolit“ oder weniger genau mit einer einfachen „Winkeltrummel“, zu denen als weiteres Hilfsmittel die „Bussolen“ zu rechnen sind. Ueber die Konstruktion und den Gebrauch der genannten Winkelmesser ist das Nähere auf Seite 81 usw. auseinandergesetzt.

2. Geschlossene Polygonzüge.

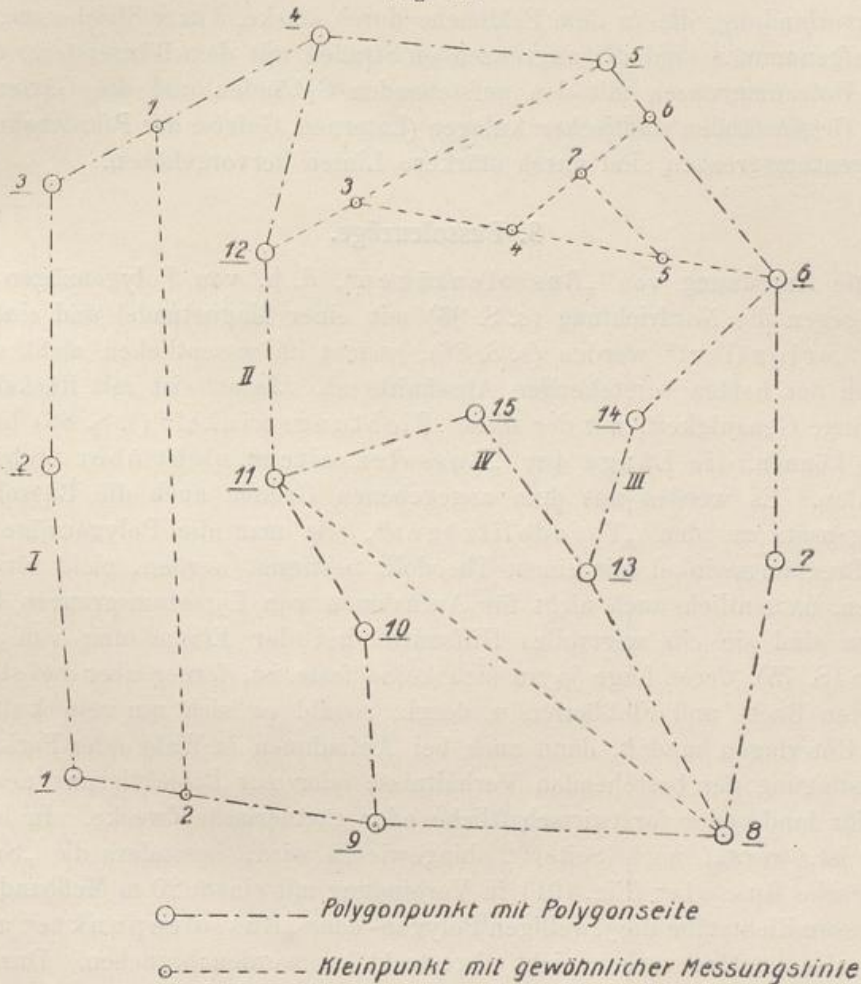
Im Gegensatz zu den offenen Polygonzügen, die als eine gebrochene Abscissenlinie anzusehen sind, stehen die „geschlossenen Polygone“ oder Vielecke, die mit ihren Seiten, den Polygonseiten, die zu vermessende Fläche umschließen und wie die offenen Züge angeordnet, vermarktet und gemessen werden. Auch hier dienen die Polygonseiten zur unmittelbaren Aufmessung der Grenzpunkte, wozu erforderlichenfalls im Innern der Fläche noch weitere Polygonzüge hinzutreten, anfangend und abschließend auf den Polygonpunkten des Umringes oder auf anderen im Innern bereits festliegenden Polygonpunkten.

In dem geschlossenen Polygonzuge I mit den Polygonpunkten $\odot 1$ bis $\odot 9$ der Fig. 172 liegen beispielsweise die Züge II und III zwischen den Polygonpunkten des Umringes, während der Zug IV an die so bestimmten Züge II und III anschließt. Wo in solchen Fällen einfache gerade Messungslinien selbst in größerer Länge ausreichen, sind diese von Polygonpunkt zu Polygonpunkt zu führen, z. B. von $\odot 8$ nach $\odot 11$ der Fig. 172, oder nach „Einbindepunkten“ (s. S. 75) der Polygonseiten, nach sogen. „Kleinpunkten“, z. B. von 1 nach 2 der Linie zwischen $\odot 3$ bis $\odot 4$ bzw. $\odot 1$ bis $\odot 9$, oder nach solchen in anderen Geraden, z. B. von 5 nach 7 usw. Die Auszeichnung der einfachen gewöhnlichen Messungslinien erfolgt im Feldbuch, wie auch später im Lageplan (s. S. 160), wenn dort nicht etwa ganz darauf verzichtet wird, im Gegensatz zu den Polygonseiten durch kurze Striche (s. Fig. 172). Die Signatur eines „Kleinpunktes“ ist ein Kreis mit 1,0 mm Durchmesser.

Eine Aufnahme im obigen Sinne wird in der **Tafel II** angegeben. Es besteht wegen eines Erweiterungsbaues die Aufgabe, den Lageplan einer Ringofenziegelei samt dem Anwesen des Verwalters und den Arbeiterhäusern anzufertigen. Wie die Aufmessung im einzelnen — über Winkelbeobachtung siehe Seite 122 — vorgenommen wurde, ist der **Tafel II** zu entnehmen. Die Polygonpunkte sind durch Drainröhren, die von der Ziegelei hergestellt werden, 40 cm tief (siehe Fig. 48) vermarktet worden; die „Kleinpunkte“ 1, 2, 3 waren durch kurze Pfähle nur für die Zeit der Messung bezeichnet. Neben den Kontrollmaßen (s. S. 63)

von Grenzstein zu Grenzstein sind auch einige Maße an den Gebäuden ermittelt worden, was aber im allgemeinen, wenn die Gebäude keine Eigentums-
grenzen bilden, nicht erforderlich ist.

Fig. 172.



Eine zweite größere Polygonaufnahme zeigt die **Tafel III**.

Für den Wettbewerb zum Entwurfe eines Theaterneubaues ist ein Situationsplan des zur Verfügung gestellten Geländes anzufertigen. Gegenstand der Aufmessung ist das Grundstück ABCD, die benachbarten Besitzungen, die angrenzenden Straßen, die Geleise der vorüberführenden elektrischen Straßenbahn und die dem neuen Theaterplatze gegenüberliegenden Schmuckanlagen. Die Messung im einzelnen ist nach der Tafel III zu verfolgen.

Das „geschlossene Polygon“, dessen Brechpunkte teilweise durch Kreuzmarken auf Bordsteinen, teilweise durch einfache zwischen den Pflasterfugen in den Boden getriebene Gasrohre vermarktet wurden, ist, wie das Polygon in Tafel II, nach „Astronomisch-Nord“ (S. 86) orientiert worden. Die „Kleinpunkte“ wurden ausschließlich durch Kreuzmarken auf den Steinen der Pflasterung

kennlich gemacht. — Ueber die Herstellung der Pläne für die beiden Aufnahmen wird später das Weitere bekannt gegeben.

Ein drittes Beispiel eines „geschlossenen Polygonzuges“, siehe **Tafel IV**, zeigt die Aufmessung eines städtischen Häuser-Blockes zwecks Anlage einer neuen Straßenverbindung, die in dem Feldbuche durch starke, kurze Striche angedeutet ist. Aufgenommen sind die angrenzenden Straßen mit dem Bürgersteig, die einzelnen Hofraumgrenzen mit den aufstehenden Gebäuden und die Gärten nebst einigen Gegenständen städtischer Anlagen (Laternen, Geleise der Pferdebahn usw.). Die Eigentumsgrenzen sind durch stärkere Linien hervorgehoben.

3. Bussolenzüge.

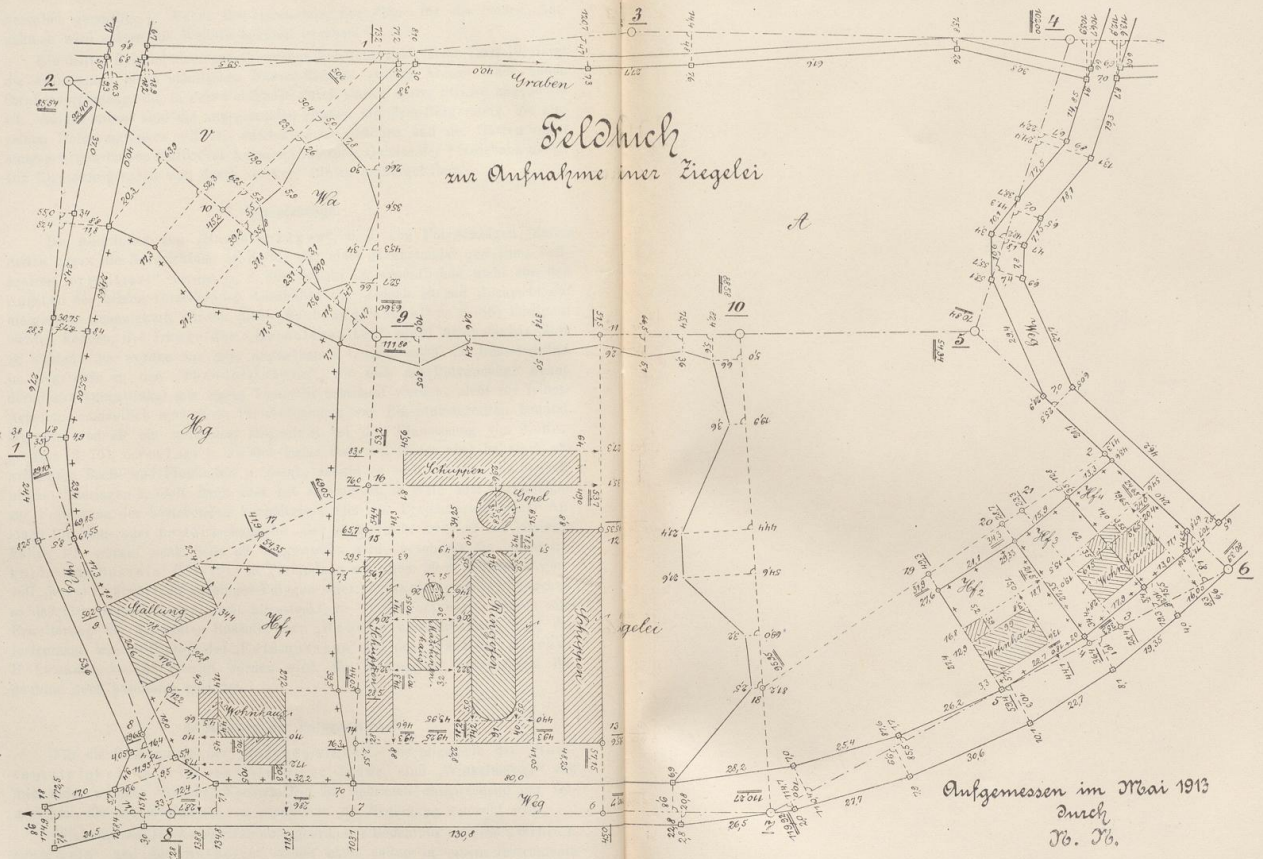
Die Anordnung von „Bussolenzügen“, d. h. von Polygonzügen, deren Seiten gegen die Nordrichtung (s. S. 86) mit einer Magnetnadel und eines Teilkreises „orientiert“ werden (s. S. 86), weicht im wesentlichen nicht von den Angaben der beiden vorstehenden Abschnitte ab. Jedoch ist mit Rücksicht auf die geringe Genauigkeit, mit der diese „Richtungswinkel“ (s. S. 86) bestimmt werden können, die Länge der „Bussolenseiten“ nicht über 60 bis 80 m zu wählen. Es werden aus dem angegebenen Grunde auch die Bussolenzüge, im Gegensatz zu den „Theodolitzügen“, wie man die Polygonzüge nennt, deren Brechungswinkel mit einem Theodolit bestimmt werden, nicht für feinere Arbeiten, namentlich auch nicht für Aufnahmen von Eigentumsgrenzen benutzt. Dagegen sind sie ein wertvolles Hilfsmittel bei der Einmessung von Kultur- grenzen (S. 75), deren Lage ja an sich keine feste ist, ferner aber bei stark gekrümmten Bach- und Flußläufen u. dergl., sobald es sich um rein kulturtechnische Unterlagen handelt, dann auch bei Aufnahmen in Wald oder Parkanlagen zur Festlegung der bestehenden Verhältnisse oder zur Projektierung neuer Anlagen für land- oder forstwirtschaftliche oder gärtnerische Zwecke. In letzteren Fällen ist, worauf noch Seite 92 hingewiesen wird, besonders die „Schmalkaldersche Bussole“ (Fig. 191) in Verbindung mit einem 20 m Meßbande wertvoll, dessen Richtstäbe die jeweiligen Polygon- oder „Bussolenpunkte“ angeben, so daß also letztere vorher nicht abgesteckt zu werden brauchen. Durch eine Erweiterung der genannten Bussole zum „Höhenwinkelmesser“ wird das Instrument, wie im Teile II des „Feldmessens“ bei den „Tachymetrischen Höhenaufnahmen“ gezeigt werden wird, für Messungen von geringer Bedeutung noch besonders geeignet.

4. Messung der Polygonwinkel.

Für die Bestimmung der „Polygonwinkel“, wie allgemein der „Horizontalwinkel“ (s. S. 16) von beliebiger Größe, sind „Winkelmesser“ von mehr oder weniger einfacher Konstruktion im Gebrauch entsprechend der Genauigkeit, die den Messungen von vornherein zur Bedingung gemacht wird.

Winkelmesser für Aufnahmen untergeordneter Bedeutung sind die „Winkeltrommeln“ und die „Bussolen“, beide nicht selten in einem Instrumente vereinigt, während der „Theodolit“ — zur Orientierung der Pläne nach den

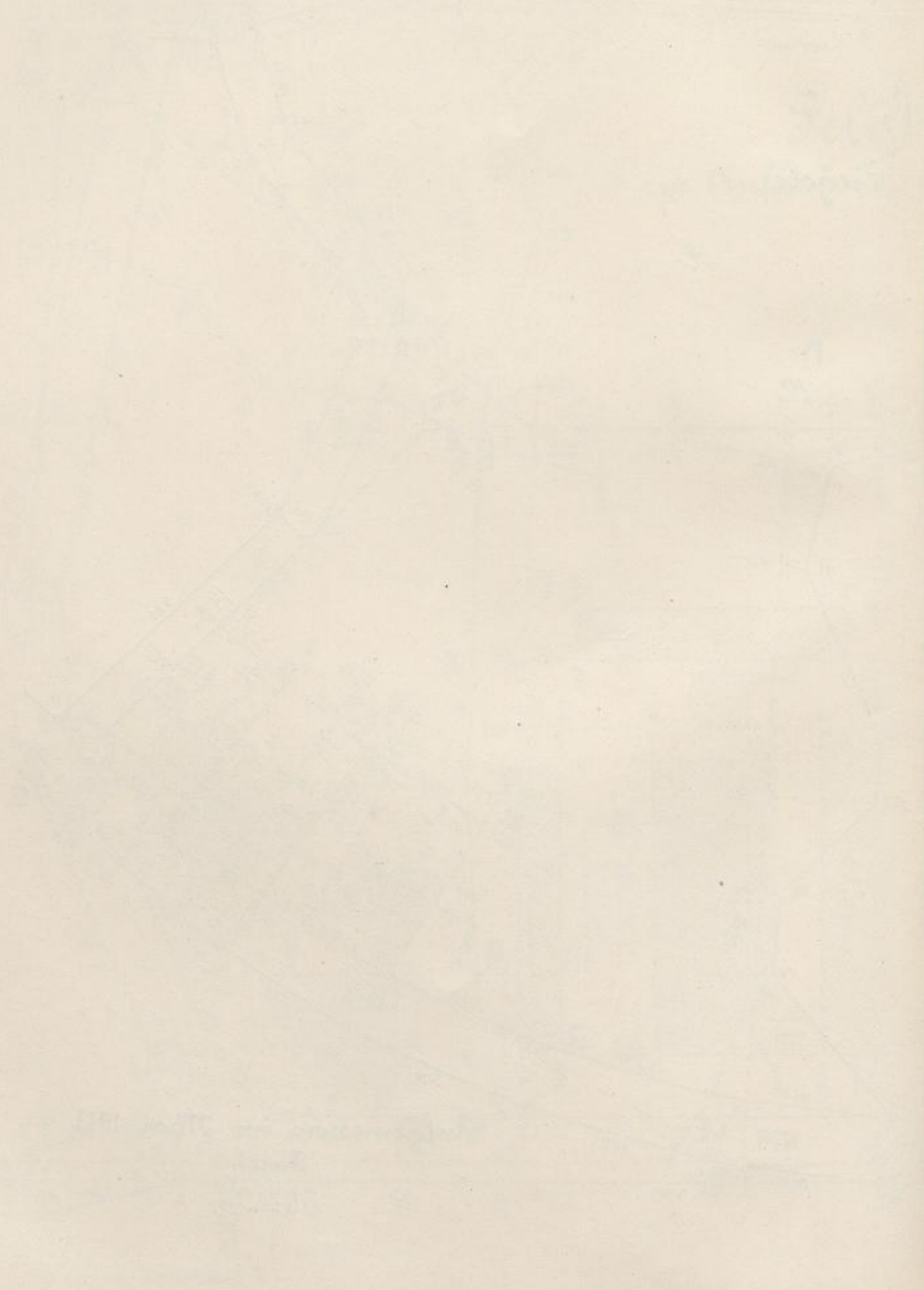
Schweizer, Ferdinand J.

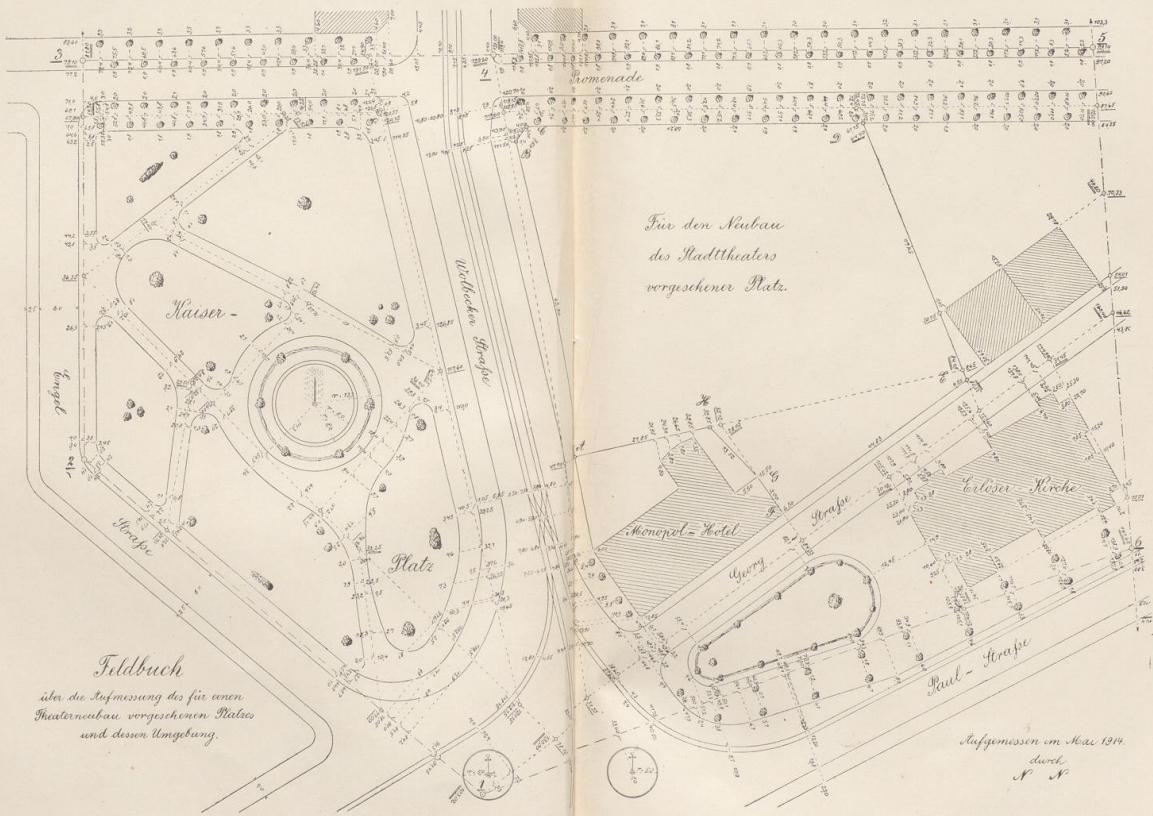


Schewior, Feldmessen I.

11. 21

11. 21





Feldbuch
 über die Aufmessung des für einen
 Theaterneubau vorgesehener Platzes
 und dessen Umgebung.

*Für den Neubau
 des Stadttheaters
 vorgesehener Platz.*

*Aufgemessen im Mai 1877
 durch
 N. N.*

Schwior, Feldmessen I.

Himmelsrichtungen mit oder ohne Bussole — die Messung von Winkeln bis zur höchsten Schärfe gewährleistet.

Die wesentlichen Bestandteile der Winkelmesser sind eine im Grade (s. S. 2) oder in Teile von Graden eingeteilte Kreisscheibe, der „Teilkreis“ oder „Limbus“, der mit Hilfe einer „Libelle“, oder eines „Lotes“ parallel zur horizontalen Ausgangsfläche (s. S. 16) gestellt wird, ferner eine Visiervorrichtung, „Dioptr“ oder „Fernrohr“, um die Richtung nach den Winkelschenkeln, bei Polygonwinkeln also die Richtung der Polygonseiten in bezug auf die Gradteilung des Limbus festzulegen, und schließlich eine Ablesevorrichtung, eine einfache „Strichmarke“ oder meist ein „Nonius“ oder auch eine „Skala“ zur Ermittlung der Schenkelrichtungen auf dem Teilkreise nach Graden ($^{\circ}$), Minuten ($'$) und auch Sekunden ($''$).

a) Die Winkeltrommel.

1. Die einfache **Winkeltrommel** (Fig. 173) ist eine konisch abgedrehte, mit einer Gradteilung versehene Kreisscheibe aus Metall, der „Limbus“, auf dem konzentrisch ein drehbarer Zylinder meist mit zwei sich senkrecht schneidenden Visiervorrichtungen — je zwei Spalte oder Spalte und Fäden (S. 22) — aufgesetzt ist. Das doppelte Dioptr dient zum Gebrauche des Instruments auch als Winkelkopf nach Seite 22. Die Teilung der Scheibe ist im Sinne der Uhrzeiger-

Fig. 173.

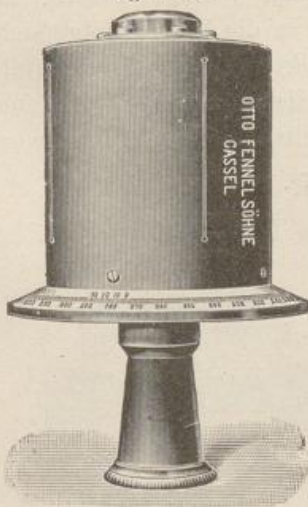


Fig. 174.

Strichmarke

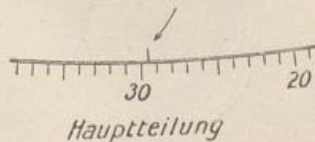


Fig. 175.

Nonius



Nonius

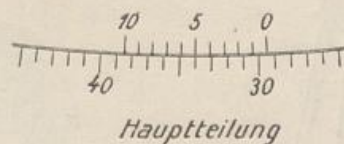


Fig. 176.

bewegung von 10° zu 10° beziffert. Unmittelbar über derselben befindet sich an dem Zylinderaufsatz eine „Strichmarke“, mit deren Hilfe an dem Teilkreise zehntel Grade geschätzt werden können, z. B. $29,6^{\circ}$ der Fig. 174. Zur genaueren Ablesung, bis auf $2'$, wird jedoch ein „Nonius“ angebracht, wie aus der Fig. 173 zu ersehen ist.

Der „Nonius“ ist eine Teilung mit einem kleineren Strichabstände im Vergleich zur Hauptteilung am Limbus. Er liegt längs dieser und ist so eingerichtet, daß $(n - 1)$ Teile des Limbus (L) entsprechen n Teilen des Nonius (N), d. h. also:

$$(n - 1)L = n \cdot N.$$

Hiernach fallen nach Fig. 175 29 Teile des Limbus mit 30 Teilen des Nonius zusammen, weiter in Fig. 176 9 L mit 10 N.

Rechnet man nach:

$$(n-1) \cdot L = n \cdot N$$

$$nL - L = nN$$

$$n(L-N) = L$$

und

$$L-N = \frac{L}{n},$$

so ist $L-N$ der „Wert des Nonius“ oder die „Noniusangabe“ a , demnach:

$$a = \frac{L}{n} = \frac{\text{Wert des Limbusteiles}}{\text{Anzahl der Nonienteile}}.$$

Da die Winkeltrommeln in 360 Grade (s. S. 2) geteilt sind, ist hier $L = 1^\circ$. Der in der Fig. 175 dargestellte Nonius hat 30 Teile, die „Noniusangabe“ beträgt demnach:

$$a = \frac{L}{n} = \frac{1^\circ}{30} = \frac{60'}{30} = 2'.$$

$$\text{In Fig. 176 ist dagegen } a = \frac{L}{n} = \frac{1^\circ}{10} = \frac{60'}{10} = 6',$$

d. h. auch $0,1^\circ$ wie nach Fig. 174, jedoch wird mit dem Nonius die Ablesung sicherer erhalten als mit der einfachen Strichmarke.

Das Instrument ruht beim Gebrauche mit einer Hülse auf einem Stabe (s. Fig. 65), der in dem Scheitelpunkt des zu messenden Winkels gesetzt, sodann mit Hilfe eines Fadenlotes (s. Fig. 56 a b e und d) in die Lotrichtung (siehe Seite 19) gestellt wird. Hierdurch bringt man den Teilkreis in die Horizontale, d. h. parallel zu der Ausgangsfläche nach Fig. 52. Die Horizontallage wird auch durch Anwendung einer „Dosenlibelle“ auf der Winkeltrommel erhalten, wozu

Fig. 177.

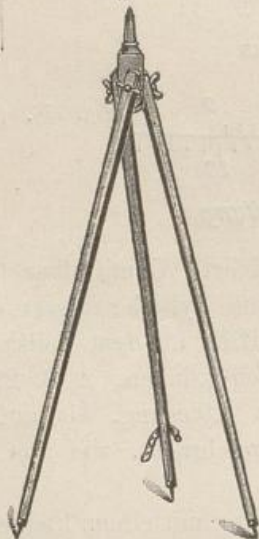


Fig. 178.

Aufsicht



Fig. 179.



Querschnitt

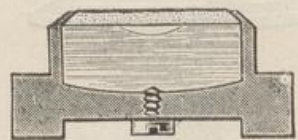
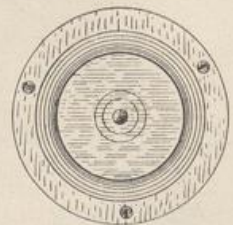


Fig. 179 a.

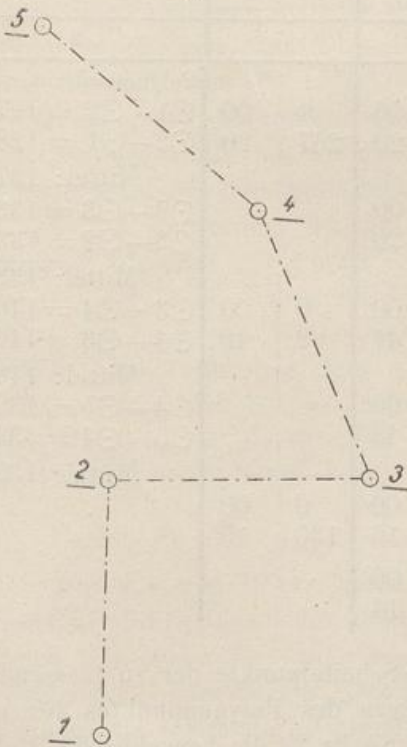


noch der Vorteil kommt, daß die geforderte Stellung des Instrumentes während des ganzen Messungsvorganges leicht überwacht werden kann. In diesem Falle läßt sich die Winkeltrommel auch auf einem einfachen Dreifuß (Fig. 177) be-

nutzen. Die Dosenlibelle (Fig. 178) ist ein niedriges zylindrisches Metallgefäß, das mit einem innen kugelförmig geschliffenen Glasdeckel (nach Art eines Taschenuhrglases) geschlossen ist und mit Weingeist oder Schwefeläther bis auf einen kleinen Raum, den man „Blase“ nennt, gefüllt wird. In neuerer Zeit werden die Dosenlibellen, abgesehen von einer Metallfassung, ganz aus Glas (Fig. 179) hergestellt, um das lästige Ausdünsten der Flüssigkeit zu verhindern, die sonst durch eine mit einer Schraube zu schließende Oeffnung am Boden der Libelle (Fig. 178) eingeführt wird.

Mitten auf dem Glasdeckel des Libellenkörpers werden als Einstellmarken für die runde Blase ein oder mehrere Ringe mit gleichem Mittelpunkte (Fig. 178 links und 179a) eingeätzt, die man als „Spielpunkt“ bezeichnet. „Spielt die Blase ein“, d. h. bleibt auch bei der Drehung des Instrumentes, hier des oberen Teiles der Winkeltrummel, die Blase konzentrisch zu den Ringen, so liegt der Teilkreis horizontal. Zeigt jedoch die Blase, nachdem sie in der Anfangslage eingespielt, bei der Drehung einen merklichen Ausschlag nach einer Seite, so muß eine Berichtigung mit Hilfe der drei seitlich angebrachten Schraubchen (Fig. 179a) vorgenommen werden, mit denen die Libelle, auf einer dreilappigen Blattfeder ruhend, mit der Winkeltrummel verbunden ist. Dies geschieht in der Weise, daß die Hälfte des Ausschlages durch Ein- oder Herausschrauben der passend gelegenen Berichtigungsschraubchen

Fig. 180.



beseitigt wird. Wird hiernach die Libelle durch Neigung des Stabes wieder zum „Einspielen“ gebracht und das Instrument gedreht, so wird die Blase den Spielpunkt nicht verlassen, es sei denn, daß der Fehler nicht ganz beseitigt ist. Erforderlichenfalls ist der angegebene Vorgang zu wiederholen.

Zur eigentlichen Messung des Winkels, z. B. des Polygonwinkels $\odot 2$ der Fig. 180, wird die Visiervorrichtung zunächst in die Richtung des linken Winkelschenkels eingestellt, hier nach dem Polygonpunkt $\odot 1$, der wie $\odot 3$ durch einen lotrecht aufgestellten Fluchtstab sichtbar gemacht wird; sodann wird die Stellung an dem Teilkreise mit Hilfe des Nonius abgelesen. Man verfolgt hierzu die Hauptteilung (indem man die Zahl der Grade abliest) bis zum 0-Striche der Noniusteilung, springt auf diese über und sucht denjenigen Teilstrich, der mit einem Teilstriche der Hauptteilung zusammenfällt. Wäre es der 5. des Nonius der Fig. 175, die einen Nonius der Winkeltrummel vergrößert darstellt, so ist bei $n = 30$ und $L = 1^\circ$ der noch zu 84° (Fig. 175) zuzuzählende Winkelbetrag:

$$5 \cdot \frac{L}{n} = 5 \cdot \frac{60'}{30} = 10'$$

oder, da $\frac{L}{n} = a = 2'$ (Seite 82) sofort der Betrag $5 \cdot 2' = 10'$, also die eingestellte Richtung

$$84^\circ 10'$$

Wenn, was die Regel ist, zwei Nonien vorhanden sind, die gegeneinander unter einem Winkel von 180° angebracht sind und mit I und II oder A und B bezeichnet werden, so sind dem zweiten Nonius nur die Minuten ($'$) zu entnehmen.

Nach Beobachtung der Richtung des linken Winkelschenkels wird dieselbe Visiervorrichtung durch Drehung auf den rechten Schenkel, hier also auf den Polygonpunkt $\odot 3$ eingestellt, hierauf, wie vor, zuerst am Nonius I, dann am Nonius II abgelesen.

Die Messungen werden in ein „Winkelbuch“ von nachstehendem Muster eingetragen.

Winkelbuch. (Muster für Winkeltrummel).

(Zu Figur 180).

Standpunkt	Zielpunkt	Ableseungen			Gemittelte Ableseung		Die Anfangsrichtung auf $0^\circ 00'$ zurückgeführt		Mittel der wiederholten Messungen		Bemerkungen
		Nonius I	Nonius II								
1	2	3	4	5	6	7	8				
$\odot 2$ 1. Messung	$\odot 1$	84	10	12	84	11	0	00	0	00	Polygoneitenmessung $\odot 1 - \odot 2 = 127,92$ $\odot 2 - \odot 1 = 128,02$ Mittel: 127,97
	$\odot 3$	351	30	32	351	31	267	20	267	20	
2. Messung	$\odot 1$	80	34	36	80	35	0	00			$\odot 2 - \odot 3 = 133,06$
	$\odot 3$	347	54	56	347	55	267	20			$\odot 3 - \odot 2 = 133,08$ Mittel: 133,07
$\odot 3$ 1. Messung	$\odot 2$	35	24	26	35	25	0	00	0	00	$\odot 3 - \odot 4 = 146,54$
	$\odot 4$	118	05	06	118	06	82	41	82	42	$\odot 4 - \odot 3 = 146,48$ Mittel: 146,51
2. Messung	$\odot 2$	110	54	56	110	55	0	00			$\odot 4 - \odot 5 = 139,88$
	$\odot 4$	193	38	38	193	38	82	43			$\odot 5 - \odot 4 = 139,92$ Mittel: 139,90
$\odot 4$ 1. Messung	$\odot 3$	5	16	16	5	16	0	00	0	00	
	$\odot 5$	135	32	32	135	32	130	16	130	15	
2. Messung	$\odot 3$	275	30	28	275	29	0	00			
	$\odot 5$	45	44	42	45	43	130	14			

Als „Standpunkt“ in Spalte 1 gelten die Scheitelpunkte der zu messenden Winkel, im vorliegenden Beispiele die Nummern des Polygonpunktes für die Weegaufmessung in Fig. 171, als „Zielpunkt“ (Spalte 2) die benachbarten Polygonpunkte (vergl. die Fig. 180); in Spalte 3 und 4 werden die Ableseungen an den beiden Nonien, in Spalte 5 ihr Mittel eingetragen. Setzt man in Spalte 6

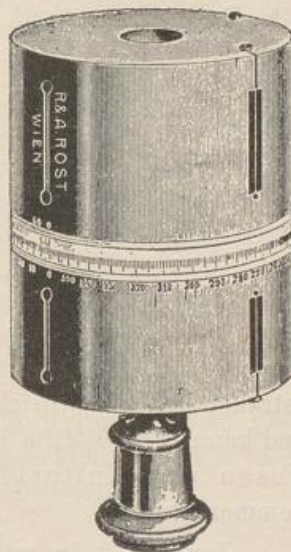
die Richtung des zuerst beobachteten Winkelschenkels zu $0^{\circ}00'$ ein und subtrahiert sie von der des zweiten Winkelschenkels, so erhält man den gesuchten Polygonwinkel, den man gleichfalls in Spalte 6 schreibt; auf Standpunkt $\odot 2$ ist es der Winkel $267^{\circ}20'$. Ist etwa wie bei Standpunkt $\odot 4$ (2. Messung) die abzuziehende Richtungsablesung größer als diejenige des rechten Schenkels, so sind zu letzterer 360° zuzuzählen.

Die Messung kann für jeden Winkel in der geschilderten Weise wiederholt werden, wodurch die Genauigkeit erhöht wird. Es wird hierzu nach Vollendung der Beobachtung für einen Winkel die ganze Winkeltrummel mit der Hülse auf dem Stabe etwas gedreht und nach Prüfung der lotrechten Stellung des Instruments die Messung von neuem durchgeführt, wie aus dem Winkelbuche — Messung 2. — zu entnehmen ist. In solchen Fällen wird das Mittel aus den zwei Beobachtungen in Spalte 7 gebildet.

Das Winkelbuch (Spalte 8) wird auch zur Eintragung der doppelt gemessenen Polygonseiten (siehe S. 76) benutzt, deren Mittel gleichfalls sofort im Felde gezogen werden kann. Ueber die zulässige Abweichung der Längenmessungen ist auf Seite 49 und auch 78 nachzulesen.

2. Anstatt mit der Hülse fest verbunden (s. Fig. 173) wird, wie in Fig. 181, der Teilkreis oder Limbus durch einen niedrigen Zylinder gebildet, der selbst eine Dioptervorrichtung trägt. Diese läuft genau in der Richtung der Teilstriche $0^{\circ} - 180^{\circ}$ (s. Figur) und wird bei der Messung auf den linken Schenkel des zu messenden Winkels eingestellt; mit ihr wird gleichzeitig auch das obere Diopter, das seinerseits genau über den 0-Strichen der Nonien angeordnet ist, auf den linken Winkelschenkel gerichtet. Die erste Ablesung ergibt sich hiernach zu $0^{\circ}0'$ — vorausgesetzt, daß beide Nonien die Ablesung $0'$ zeigen —, so daß die zweite Ablesung sofort den gesuchten Winkel darstellt. Mit Rücksicht auf die angegebene Einstellung des Teilkreises läßt sich auch der untere Teil der Winkeltrummel auf der Hülse mittels einer Schraube (am Boden der Trommel Fig. 181) drehen. Eine Wiederholung der Messung wird in gleicher Weise, wie oben, vorgenommen; die Drehung des Limbus erfolgt aber mit der genannten Schraube.

Fig. 181.



b) Die Bussole.

Die Bussolen dienen im allgemeinen weniger der Messung von Winkeln im Sinne der Fig. 170, wo der Richtungsunterschied der beiden Schenkel durch Vergleich mit einem Teilkreise bestimmt wird, als vielmehr der Ermittlung der Lage einer Linie zu der „magnetischen Nordrichtung“, die durch eine Magnetnadel selbsttätig angezeigt wird. Die für diese Ermittlung verwendeten Instrumente bestehen demnach im besonderen aus einer Magnetnadel zur Angabe der eben genannten magnetischen Nordrichtung, ferner aus einer Visier-

vorrichtung zur Einstellung des Instrumentes in die Linie tritt und aus einem Teilkreise, an welchem der „Magnetische Richtungswinkel“ M (Fig. 182) abgelesen wird. Lagemessungen, bei denen die magnetische Nordrichtung gegen eine Grenzlinie, sei es unmittelbar oder mittelbar wie bei Polygonaufnahmen, festgelegt worden ist, werden hierdurch zu den Himmelsrichtungen „orientiert“ mit einer Abweichung von der wirklichen, „astronomischen Nordrichtung“, die je nach Ort und Zeit der Beobachtung verschieden groß ist. Der Betrag dieser Abweichung wird durch die „magnetische Mißweisung“ angegeben, d. i. der Winkel δ , den die Magnetnadel mit der

Fig. 182.

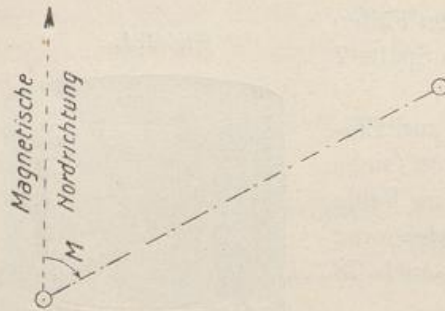
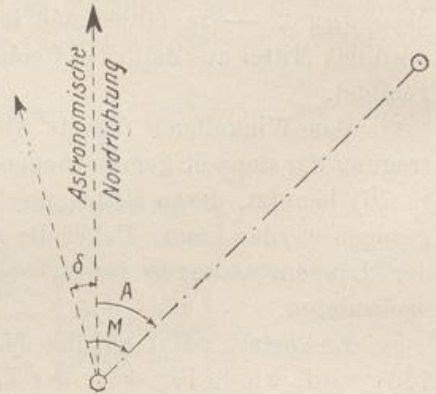


Fig. 183.



astronomischen Nordrichtung bildet. Dieser Winkel wird im voraus berechnet und kann für die Mitte jedes Jahres z. B. dem „Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik“, Verlag Konrad Wittwer in Stuttgart entnommen werden.

Zurzeit ist in ganz Deutschland die Mißweisung eine „westliche“, was zu bedeuten hat, daß die Magnetnadel nach Westen von der wirklichen Nordrichtung abweicht (s. Fig. 183). In der nachstehenden Tabelle ist der durchschnittliche Betrag für das Jahr 1914 gemäß dem genannten Kalender aufgeführt.

Mißweisung der Magnetnadel in Deutschland.

Die Mißweisung ist westlich, gültig für die Mitte des Jahres 1914.

Breite φ des Beobachtungsortes	Länge λ des Beobachtungsortes östlich von Greenwich										
	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
46°	12,2°	11,4°	10,6°	9,7°	8,8°	7,9°	7,1°	6,5°	5,4°	4,5°	3,6°
48°	12,5°	11,7°	10,8°	9,8°	8,8°	7,9°	7,0°	6,2°	5,3°	4,4°	3,5°
50°	12,9°	12,1°	10,9°	9,9°	8,9°	7,9°	6,9°	6,0°	5,3°	4,3°	3,3°
52°	13,1°	12,0°	11,0°	10,0°	9,0°	7,9°	6,9°	5,8°	5,2°	4,1°	3,1°
54°	13,4°	12,3°	11,2°	10,1°	9,1°	7,7°	6,5°	5,9°	5,6°	2,2°	2,7°
56°	14,0°	13,0°	11,7°	10,5°	9,5°	8,5°	7,5°	6,5°	5,3°	3,2°	2,4°

Wittwer

Wie die deutsche Seewarte angibt, bleibt man für die folgenden Jahre der Wahrheit ziemlich nahe, wenn man eine jährliche Abnahme der Mißweisung der Tabelle von 7' bis 8' in Rechnung zieht.

Fehlende Zwischenwerte sind in der Tabelle einzurechnen. Die geographische Breite φ und Länge λ eines Beobachtungsortes werden am zweckmäßigsten auf einem „Meßtischblatte“ (siehe **Tafel IX**), unter Abrundung auf $\frac{1}{10}^{\circ}$ bestimmt. Beispielsweise ist für das in der Tafel dargestellte Gebiet mit $\varphi = \text{rd. } 50,0^{\circ}$ und $\lambda = 35,9^{\circ} - 17,7^{\circ} = 18,2^{\circ*}$ die Mißweisung $\delta = 5,9^{\circ}$. Die wirkliche, astronomische Nordrichtung liegt demnach um $\delta = 5,9^{\circ}$ östlich von der durch die Magnetnadel angezeigten Richtung.

Die Beträge der Mißweisung schwanken im Laufe des Tages bis zu etwa 10' im Sommer und 5' im Winter und zwar derart, daß gegen 8 Uhr Vormittags das Nordende der Magnetnadel sich am weitesten nach Osten, gegen 2 Uhr mittags sich am weitesten nach Westen stellt. Es ist leicht einzusehen, daß genaue Beobachtungen von solchen Aenderungen, zu denen noch besondere Störungen hinzutreten können, unter Umständen stark beeinflußt werden. Zur allgemeinen Orientierung der Lagemessungen und für die Ermittlung der „Richtungswinkel“ bei weniger wichtigen Aufnahmen (siehe Seite 80) wird jedoch die Berücksichtigung der durchschnittlichen jährlichen Mißweisung vollständig ausreichen. Eine genaue Festlegung der wirklichen Nordrichtung wird nur mit Hilfe der „Astronomisch-geographischen Ortsbestimmung“ erhalten, wozu im Bedarfsfalle auf das schon genannte Handbuch „Geodäsie“ von Prof. Dr. Ing. Hohenner, Verlag von B. G. Teubner in Leipzig, verwiesen sei.

1. Kleinere Bussolen, für die Orientierung und für wenig wichtige Polygonaufnahmen (s. S. 80) meist hinreichend genau, werden ähnlich den Winkeltrummeln (s. S. 81) angefertigt oder oft mit diesen selbst verbunden.

Die Figur 184 zeigt eine einfache Bussole. In einer mit einer Diopter-Visiervorrichtung versehenen Büchse, die beim Gebrauch mittels einer Hülse auf einem Stabe ruht, befindet sich eine in Grade, seltener in $\frac{1}{2}^{\circ}$ geteilte Kreisscheibe, in deren Mittelpunkt ein spitzer Metallstift, die „Pinne“, eine Magnetnadel trägt. Diese liegt flach oder besser hochkantig auf der Pinne auf und schwingt in einem mit einem Achatplättchen geschlossenen Hütchen, das in der Mitte der Nadel angebracht ist. Das Nordende der Magnetnadel ist irgendwie auffallend gezeichnet. Ist die Bussole außer Gebrauch, so wird die Nadel durch eine Vorrichtung (Fig. 184 durch einen seitlichen Knopf) gegen den Glasdeckel gedrückt, der den Teilkreis nach oben abschließt. Dieses „Ausrücken“ der Nadel ist auch beim Wechseln des

Fig. 184.



*) $35,9^{\circ}$ ist die Länge λ vom Nullgrad Ferro (s. Erläuterung der Taf. IX), auf den die Meßtischblätter bezogen sind; $17,7^{\circ}$ ist der Längen-Unterschied Greenwich-Ferro.

Beobachtungsortes vorzunehmen, dagegen soll man die Nadel frei schwingen lassen, sobald das Instrument für längere Zeit nicht benutzt werden soll, da sonst ihre Richtkraft nachläßt.

Die Bussole wird, wie die Winkeltrommel, im Sinne des Uhrzeigers, von links nach rechts gedreht. Da die Ablesung am Nordende der Nadel geschieht, die beim Drehen des Instruments stehen bleibt, so muß die Bezifferung des Teilkreises, damit die Ablesungen wachsen, linksläufig angebracht sein, wie der geteilte Kreis (Fig. 185) angibt. Hierauf ist beim Erwerb einer Bussole zu achten, weil bei den Fabrikanten vielfach eine entgegengesetzt verlaufende Bezifferung üblich ist (siehe die Figuren 184 und 185a), wodurch nicht der „magnetische Richtungswinkel“, sondern seine Ergänzung zu 360° erhalten wird.

Eine weitere Konstruktion der Bussole zeigt die Figur 185a. Die Diopter sind über dem Teilkreise auf einem Ringe angebracht und lassen sich mit diesem

Fig. 185.

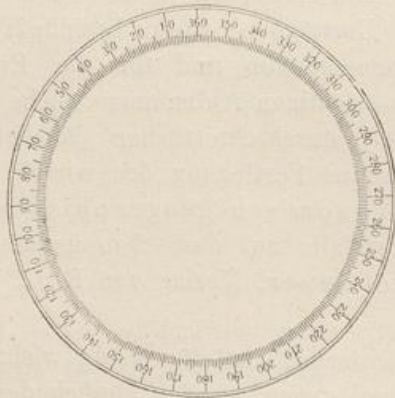
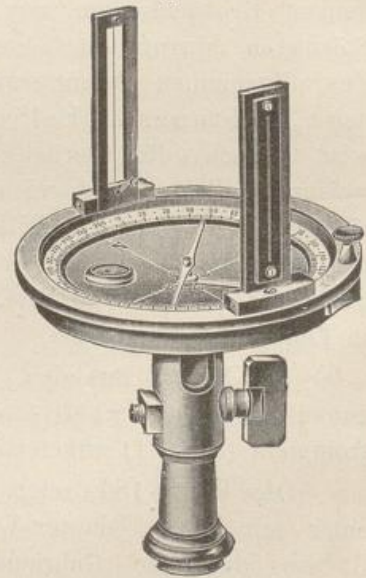


Fig. 185a.

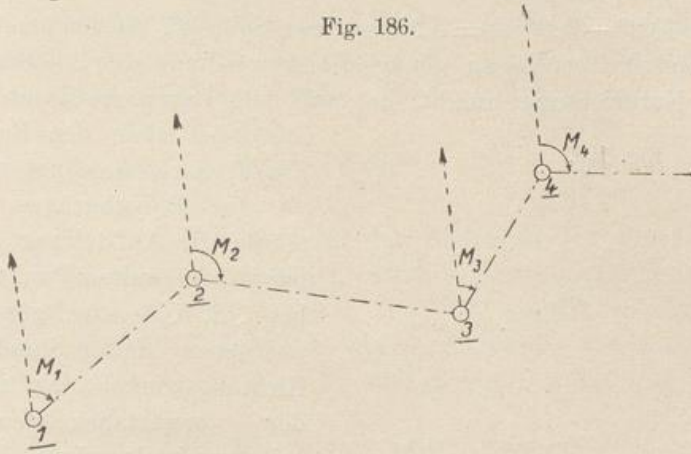


drehen; sie werden beim Gebrauche hochgeklappt. Das Instrument ist mit der Hülse, die gleichfalls auf einen Stab oder auf ein dreifüßiges Stativ aufgesteckt wird, durch ein Kugelgelenk mit Klemmschraube verbunden. Eine Dosenlibelle ist im Innern des Teilkreises zur Horizontierung des Instrumentes eingelassen.

Bei der Messung eines „Richtungswinkels“, z. B. M_1 auf dem Anfangspunkte einer Polygonseite (Fig. 186), wird die Bussole mittels des Stabes oder auf einem einfachen Stativ (siehe S. 82 und Fig. 177) über den Polygonpunkt gestellt, mit einem Fadenlote bzw. einer Dosenlibelle horizontiert, die Nadel durch Lösen der Ausrückvorrichtung auf die Pinne gesenkt und durch vorsichtiges Drehen des Instrumentes auf der Hülse das Nordende der Magnetnadel auf die Ablesung 0° gestellt. Wird nun das Diopter (über $180^\circ-0^\circ$) durch Rechtsdrehen in die Richtung nach $\odot 2$ eingestellt, so ist der am Nordende abgelesene Winkel (M_1 der Fig. 186) der gesuchte „Magnetische Richtungswinkel“. In gleicher Weise werden die Richtungswinkel der weiteren Polygonseiten der Fig. 186 nach $M_2, M_3 \dots$ gemessen, wie auch z. B. der Richtungswinkel der Abscissenlinie (1) (5) der Aufnahme Fig. 187 oder auch nur

einer Grenzlinie, s. Fig. 188 und Tafel I, um die Orientierung nach den Himmelsrichtungen herbeizuführen.

Fig. 186.



Unter Berücksichtigung der „Mißweisung“ kann statt des „Magnetischen Richtungswinkels“ M auch der „Astronomische Richtungswinkel“ A ermittelt werden, indem allgemein für Deutschland (Fig. 183) ist:

Fig. 187.

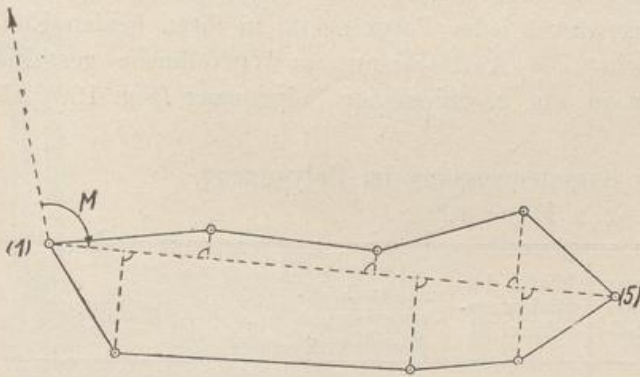


Fig. 188.

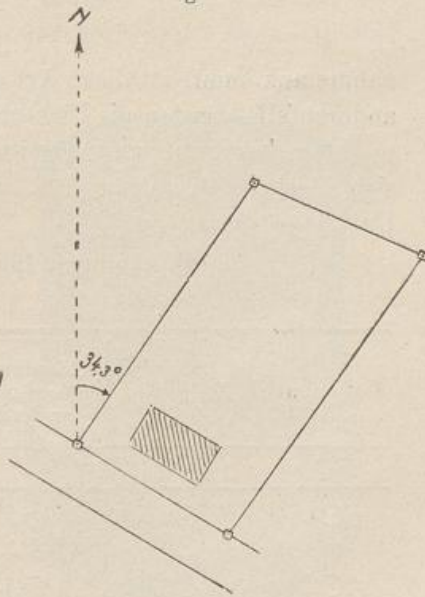
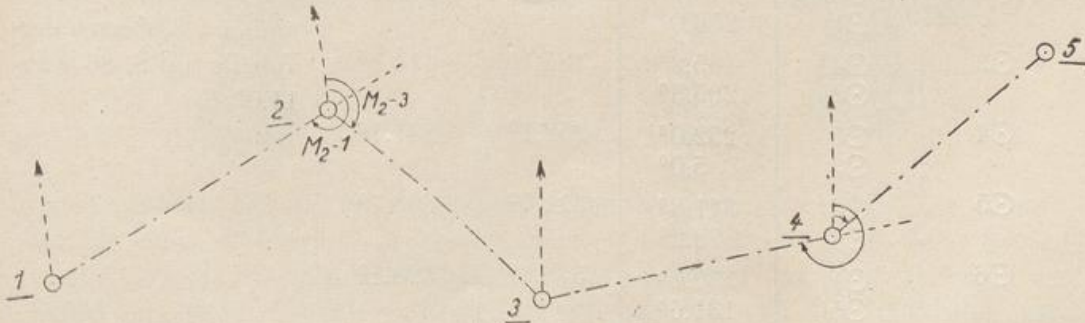


Fig. 189.

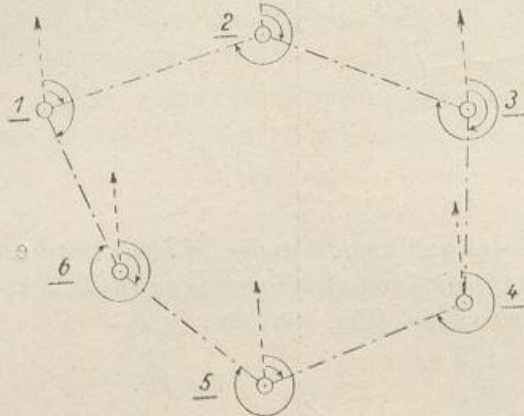


$$A = M - \delta,$$

für die Fig. 188 beispielsweise

$A = 40,2^\circ - 5,9^\circ$ ($\delta = 5,9^\circ$ sei von Seite 87 übernommen) $= 34,3^\circ$,
 wo also der Winkel stets genau genug die Abweichung der Abscissenlinie von
 der wirklichen Nordrichtung angibt, die auf dem Lageplane durch einen Pfeil
 mit oder ohne den Buchstaben N
 (Nord) gekennzeichnet wird.

Fig. 190.



In Polygonzügen (Fig. 189) würde die Aufstellung der Bussole bei jedem zweiten Punkte, hier also bei $\odot 2, \odot 4$ usw. genügen, wenn auf jedem dieser Standpunkte der Richtungswinkel der zurück- wie der vorwärtsliegenden Polygonseite ermittelt würde. Es wäre also auf $\odot 2$ der Richtungswinkel M_{2-3} und M_{2-1} zu messen, wobei dann

$$M_{1-2} = M_{2-1} - 180$$

ist, was unmittelbar aus der Figur folgt. Wo es mehr auf Schnelligkeit, weniger auf die Genauigkeit der Aufnahme ankommt, ist diese Art der Messung, in „Springständen“, zu empfehlen, anderenfalls werden die Richtungswinkel jeder Polygonseite in ihren beiden Endpunkten bestimmt und gemittelt. Die Aufzeichnung im Winkelbuche gestaltet sich hierbei folgendermaßen, wozu ein geschlossener Polygonzug (Fig. 190) als Unterlage dient.

Die Aufzeichnung im Winkelbuche gestaltet sich hierbei folgendermaßen, wozu ein geschlossener Polygonzug (Fig. 190) als Unterlage dient.

Winkelbuch für Bussolenmessung im Polygonzug.

(Zu Figur 190).

Standpunkt	Zielpunkt	Ablesung(am Nordende der Nadel)	Mittel der Richtungswinkel M	Astronomischer Richtungswinkel $\Lambda = M - \delta$	Bemerkungen
1	2	3	4	5	6
$\odot 1$	$\odot 2$ $\odot 6$	76,2° 159,2°	76,1°	65,1°	Die „magnetische Mißweisung“ beträgt für $\varphi = 52,0^\circ$ und $\lambda = 8,0^\circ$ nach der Tabelle auf S. 86 $\delta = 11,0^\circ$
$\odot 2$	$\odot 3$ $\odot 1$	115,1° 256,0°	115,2°	104,2°	
$\odot 3$	$\odot 4$ $\odot 2$	185,2° 295,3°	185,1°	174,1°	
$\odot 4$	$\odot 5$ $\odot 3$	252,0° 5,0°	252,1°	241,1°	
$\odot 5$	$\odot 6$ $\odot 4$	311,8° 72,2°	311,7°	300,7°	
$\odot 6$	$\odot 1$ $\odot 5$	339,0° 131,6°	339,1°	328,1°	

Die Spalten 1, 2 und 3 enthalten die Stand- und Zielpunkte, sowie die Ablesungen an dem Nordende der Magnetnadel. In Spalte 4 wird zu jedem Standpunkte (Polygonpunkte) nur der „Magnetische Richtungswinkel“ M für die folgende Polygonseite eingesetzt, der durch Mittelung der zwei zugehörigen Messungen berechnet wurde. Man erhält hiernach:

$$\text{auf } \odot 1 : M_{1-2} = 76,2^\circ$$

$$\text{auf } \odot 2 : M_{1-2} = 256,0^\circ - 180^\circ = 76,0^\circ$$

$$\text{Das Mittel } M_{1-2} = 76,1^\circ,$$

das man in Spalte 4 auf der Zeile für den Zielpunkt $\odot 2$ einträgt.

Für die Ableitung des zweiten gleichen Richtungswinkels sei bemerkt, daß statt der Subtraktion auch die Addition von 180° eintritt, sobald die eigentliche (erste) Ablesung kleiner als 180° ist, wie beispielsweise bei dem Richtungswinkel der Polygonseite $\odot 4 - \odot 5$. Hier ist die zweite Beobachtung auf $\odot 5$ zu berechnen nach:

$$M_{4-5} = 72,2^\circ + 180^\circ = 252,2^\circ$$

dies trifft auch für die Polygonseiten $\odot 5 - \odot 6$ und $\odot 6 - \odot 1$ zu.

Die „Astronomischen Richtungswinkel“ A werden schließlich unter Einsatz von δ (gemäß S. 87) in der Spalte 5 des Winkelbuchs abgeleitet. In Spalte 6 sind auch Messung und Mittelung der Polygonseiten aufzunehmen.

2. Bei der **Schmalkalder** sehen „Patent-Busssole“ (Fig. 191) ist die Magnetnadel mit dem Teilkreise, einer leichten, meist durchbrochenen Metallscheibe,

Fig. 191.

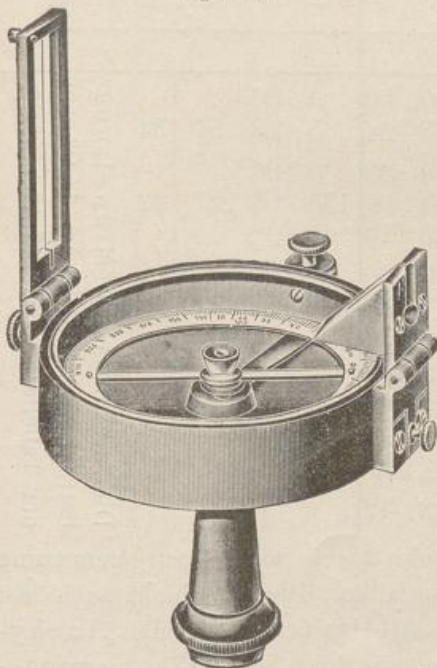
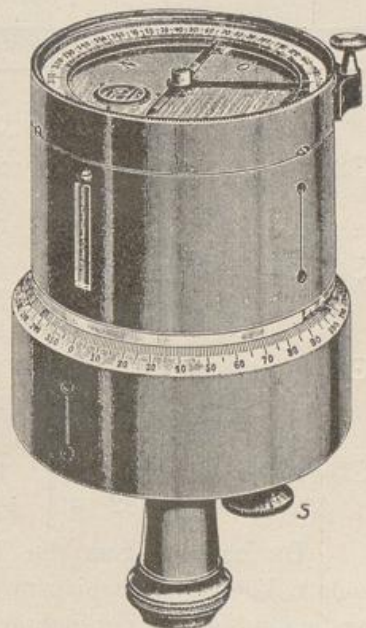


Fig. 192.



fest verbunden und mit dieser zusammen auf der Pinne beweglich. Die Büchse, auf der Hülse drehbar, trägt zwei in der vertikalen Richtung für hohe Sichten verstellbare, im übrigen umlegbare Diopter, von denen das eine (rechts in der Figur) mit einem Glasprisma nach Figur 80 zur Ablesung der Teilscheibe ver-

sehen ist. Die Schmalkaldersche Bussole ist ein wertvolles Hilfsmittel besonders bei raschen Aufnahmen, sie wird auch in großem Umfange bei tachymetrischen Arbeiten (s. Teil II des Werkes) benutzt, wenn keine große Genauigkeit gefordert wird, dann zumeist in Verbindung mit einem Meßbände, auf dessen einen Richtstab das Instrument gesteckt wird (s. a. S. 80). Die störende Unruhe der Nadelscheibe, die hier rechtsläufig beziffert ist (im Gegensatz zu S. 88 oben), kann von außen durch einen leichten Druck auf eine Federschraube (linksseitig in der Figur 191 sichtbar) gemildert werden.

3. Ist die Bussole auf einer Winkeltrommel (Fig. 192 mit Dosenlibelle) angeordnet, dann wird nach Einstellung des Nordendes der Magnetnadel auf 0° die Richtung an dem Teilkreise der Winkeltrommel selbst mit Hilfe der beiden Nonien abgelesen, dann die Visiervorrichtung nacheinander auf die zu beobachtenden Punkte eingestellt und die Ablesungen gemacht. Hiernach würde sich, unter Anwendung auf den offenen Polygonzug (Fig. 189) folgendes Winkelbuch ergeben.

Winkelbuch für Bussolenmessung.
(Bussole auf einer Winkeltrommel).
(Hierzu Figur 189).

Standpunkt	Zielpunkt	Ablesung			Auf $0^{\circ} 00'$ der Anfangsrichtung zurückgef.		Mittel der magnetisch. Richtungswinkel M		Astron. Richtungswinkel $A = M - \delta$		Bemerkung		
		Nonius I	Nonius II	Mittel	0	'	0	'	0	'			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
⊙1	Magn. Nord.	10	30	32	10	31	0	00	0	00	Die „magnetische Mißweisung“ beträgt bei $\varphi = 51,0^{\circ}$, $\lambda = 15,0^{\circ}$ nach der Tabelle S. 86 $\delta = 7,4^{\circ} = 7^{\circ} 24'$.		
	⊙2	75	54	56	75	55	65	24	65	18		57	54
⊙2	Magn. Nord.	21	22	22	21	22	0	00	0	00			
	⊙3	156	22	22	156	22	135	00	135	06		127	42
⊙3	⊙1	266	34	34	266	34	245	12					
	Magn. Nord.	0	10	12	0	11	0	00	0	00			
	⊙4	78	52	54	78	53	78	42	78	36		71	12
⊙4	⊙2	315	24	22	315	23	315	12					
	Magn. Nord.	101	10	10	101	10	0	00	0	00			
	⊙5	149	28	28	149	28	48	18	48	15		40	51
⊙5	⊙3	359	40	40	359	40	258	30					
	Magn. Nord.	54	28	32	54	30	0	00					
⊙4	⊙4	282	40	44	282	42	228	12					

Da nach obigem die Teilung der Bussole nicht weiter zur Benutzung kommt, könnte diese bis auf den Nullstrich fortfallen. Dies geschieht auch fast regelmäßig in der Verbindung mit einem „Theodolit“ (s. S. 115) oder „Tachymeter“ (s. Teil II des Werkes), wo die Bussole, wie hier, als „Orientierungsbusssole“ nur zur Angabe der magnetischen Nordrichtung dient, während die Winkelmessung selbst mit dem Limbus der genannten Instrumente erfolgt.

4. Feinere Bussolen, „Fernrohrbussolen“ (Fig. 193 und 193a) ruhen auf einem Dreifuß, auf diesem drehbar mit Hilfe einer Klemm- und Feinschraube

(s. S. 97), und werden beim Gebrauch durch eine Schraubenstange (b Fig. 199) mit einem festen dreibeinigen Stativ (Fig. 196) verbunden. Die bisherige ein-

Fig. 193.

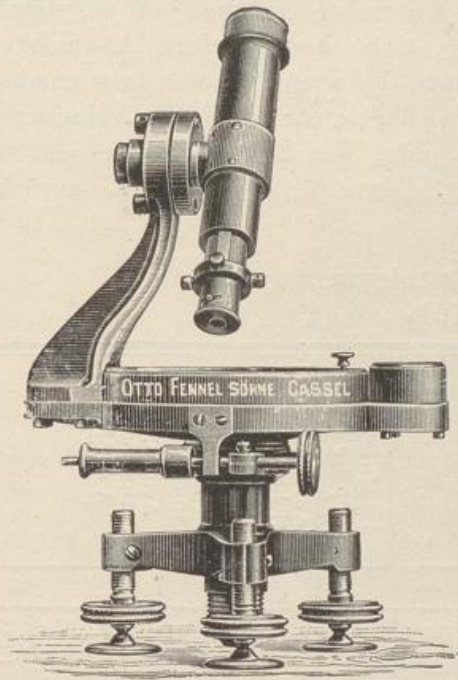


Fig. 193a.

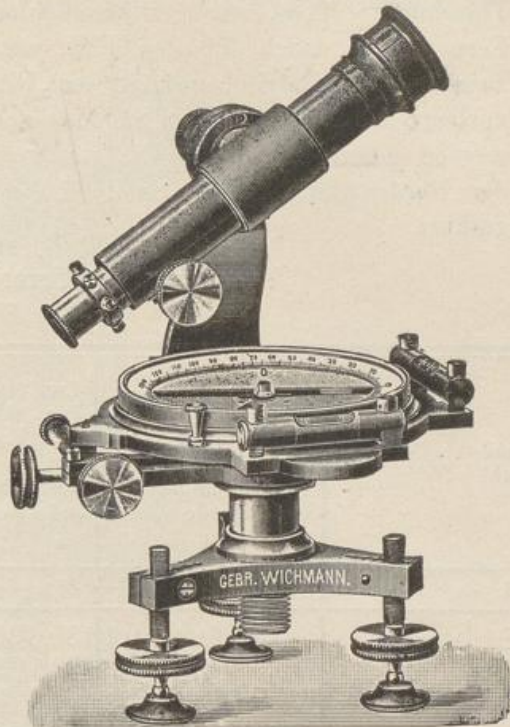
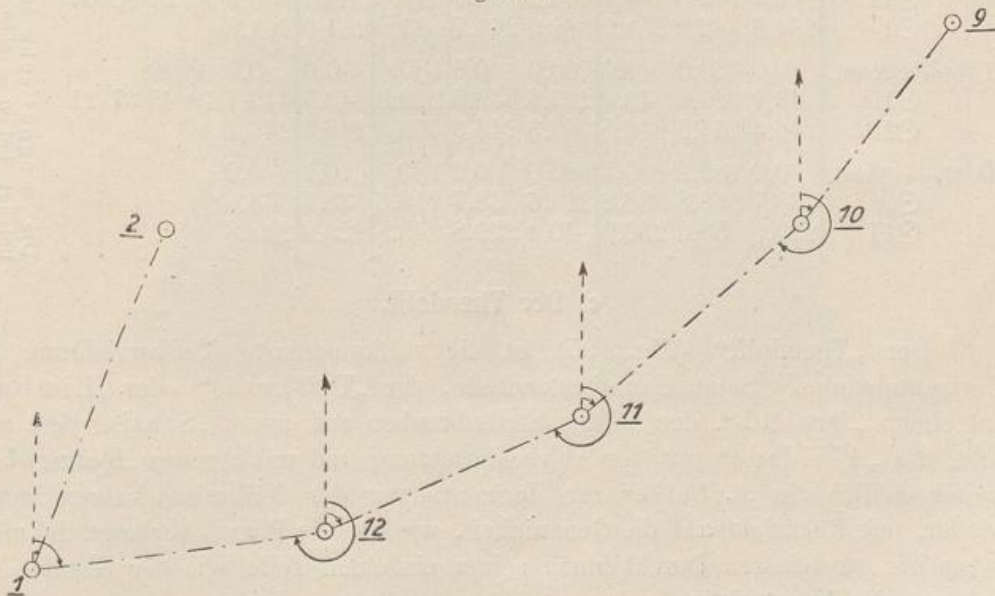


Fig. 194.



fache Diopterröhrung wird durch ein Fernrohr (s. hierüber S. 102) ersetzt. Die Horizontalstellung des Teilkreises erfolgt bei Fig. 193 mit Hilfe einer Dosenlibelle, bei Fig. 193a mit zwei Röhrenlibellen (Kreuzlibellen) s. S. 109.

Die Messung der Richtungswinkel ist im wesentlichen die gleiche, wie bei der einfachen Bussole unter 1. (S. 90); abweichend ist jedoch die Beobachtung in zwei Lagen des Fernrohrs (siehe hierüber die Angaben beim Theodolit S. 118), um gewisse Fehler der Fernrohreinrichtung zu beseitigen. Ferner wird, auch für den Fall, daß eine, wenn auch geringe Abweichung zwischen der zentrischen Lage der „Pinne“ und der Drehachse des Instrumentes vorliegt, am Nord- und am Südende der Nadel abgelesen; die beiden Ablesungen werden gemittelt und für die weitere Berechnung der Richtungswinkel auf 0° der Nordrichtung, siehe Spalte 10 des nachstehenden Winkelbuches, zurückgeführt.

Winkelbuch für Fernrohr-Bussolenmessungen.
(Zu Figur 194)

Standpunkt	Zielpunkt	Erste Fernrohr-lage. Ablesung an der Magnetnadel			Zweite Fernrohr-lage. Ablesung an der Magnetnadel			Mittel aus Spalte 5 u. 8	Auf 0° der Nordrichtung zurückgeführt	Mittel der magnetischen Richtungswinkel M	Astron. Richtungswinkel $\Delta = M - \delta$	Bemerkung
		Nord-ende o	Süd-ende o	Mittel o	Nord-ende o	Süd-ende o	Mittel o					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
⊙1	Magn. Nord.	0,0	180,2	0,1	180,0	359,8	179,9	0,0	0,0	0	00	Die „magnetische Mißweisung“ beträgt bei $\varphi = 52,5^\circ$ und $\lambda = 5,5^\circ$ nach der Tabelle Seite 87 $\delta = 12,4^\circ = 12^\circ 24'$
	⊙2	19,1	199,3	19,2	199,1	18,9	199,0	19,1	19,1			
	⊙12	81,7	261,9	81,8	261,7	81,5	261,6	81,7	81,7	81	45 69 21	
⊙12	Magn. Nord.	0,0	180,3	0,2	180,0	359,9	180,0	0,1	0,0	0	00	
	⊙11	66,3	246,5	66,4	246,2	66,5	246,4	66,4	66,3	66	21 53 57	
	⊙1	261,8	82,0	261,9	82,0	261,7	81,9	261,9	261,8			
⊙11	Magn. Nord.	0,0	180,0	0,0	180,0	0,0	180,0	0,0	0,0	0	00	
	⊙10	49,7	229,6	49,6	229,8	49,8	229,8	49,7	49,7	49	45 37 21	
	⊙12	246,4	66,6	246,5	66,3	246,3	66,3	246,4	246,4			
⊙10	Magn. Nord.	0,0	180,2	0,1	180,0	0,2	180,1	0,1	0,0			
	⊙9	38,7	218,8	38,8	218,6	38,7	218,6	38,7	38,6			
	⊙11	229,9	50,0	230,0	49,8	229,8	49,8	229,9	229,8			

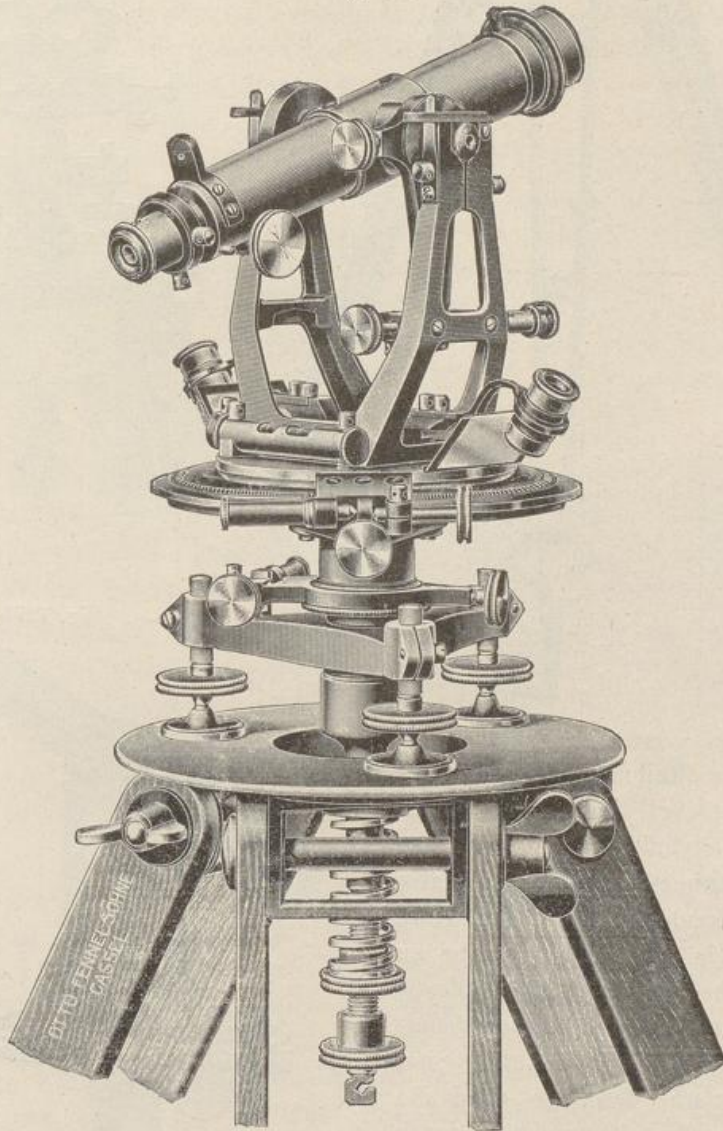
c) Der Theodolit.

Der „Theodolit“ (Fig. 195) ist die vollkommenste Meßvorrichtung für Horizontalwinkel. Seine Hauptbestandteile, der „Teilkreis“ oder „Limbus“ auf einem „Dreifuß“, der mittels Stellschrauben auf einem „Stativ“ fest aufricht, die „Alidade“ mit der Ableseeinrichtung und mit ihr das „Fernrohr“, weiter endlich die „Libelle“ zur Horizontierung des Teilkreises kehren immer wieder, mit Rücksicht auf die Genauigkeit, wie sie die Praxis verlangt, in mehr roher bis zur feinsten Durchbildung seiner einzelnen Teile wie der Gesamt-Anordnung der Konstruktion.

1. Das Stativ. Das aus festem, meist Eschenholz bestehende Stativ (Fig. 196) hat drei durchbrochene Beine, die aus je zwei Längsleisten mit Querstücken zusammengesetzt sind und an dem unteren, spitz zulaufenden Ende

einen kräftigen eisernen Schuh tragen. Ein kurzer Ansatz dient dazu, durch Eintreten der Beinenden in den Boden das Stativ unverrückbar aufzustellen. Die drei Beine laufen im Stativkopfe zusammen, am besten einem Gußstück aus Bronze (Eisen rostet leicht), dessen kreisrunde Oberfläche eben abgeschliffen ist. Ihre

Fig. 195.



Verbindung mit dem Stativkopfe geschieht durch Bolzen mit Flügelschrauben a_1 bzw. a_4 (Fig. 206), durch die beim Anziehen der Schrauben die Beine an den Stativkopf geklemmt werden.

2. Der Dreifuß. Der eigentliche winkelmessende Teil des Theodolits ruht auf einem Dreifuße c (Fig. 199 und 206), d. h. einer einige cm langen Drehbuchse c_{10} , an der seitlich unter Winkeln von 120° drei kurze Arme c_7 mit je einer Stellschraube c_1 ansitzen. Die Stellschrauben sind durch ein Kugelgelenk mit runden Unterlegplatten c_4 verbunden, in deren Boden vielfach zur Ver-

Fig. 196.

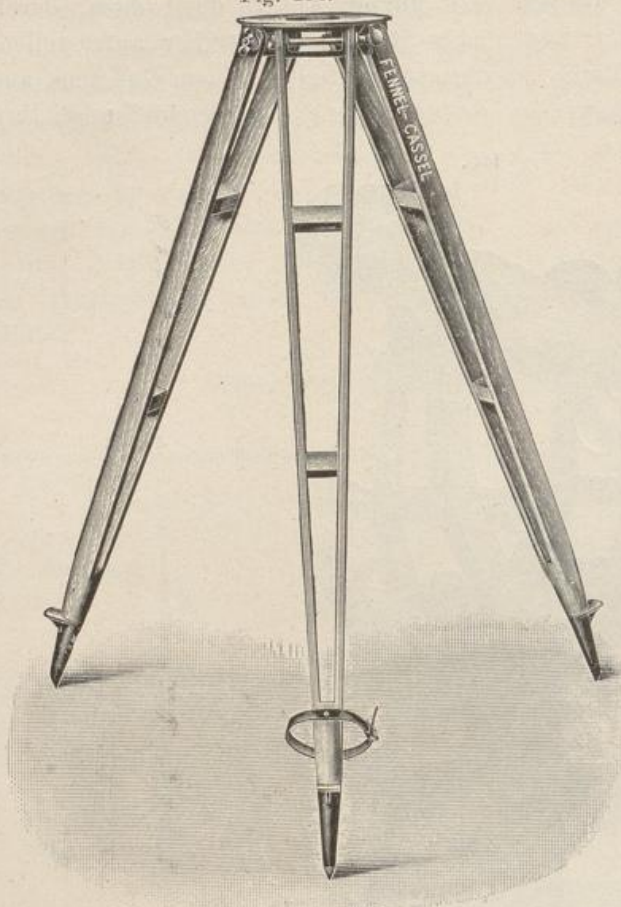


Fig. 197 a.

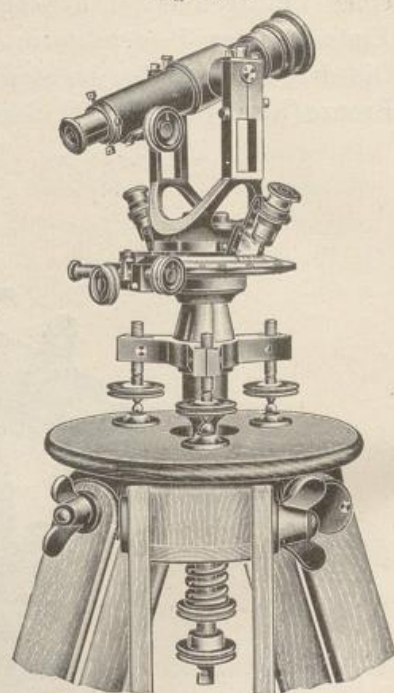
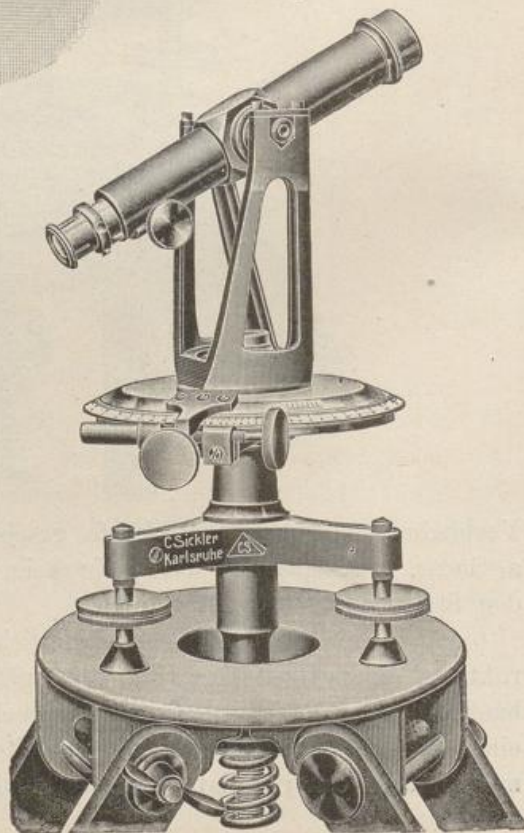


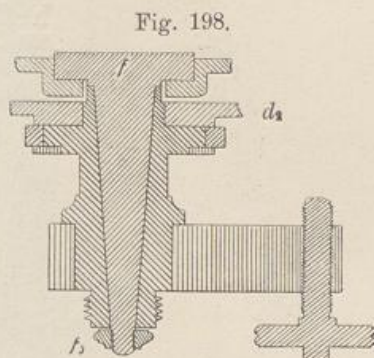
Fig. 197 b.



stärkung der Reibung harte Leder-
scheiben eingefügt sind. Zur Befesti-
gung des Dreifußes und damit des
ganzen Instrumentes auf dem Stativ
dient die Schraubenstange b (Fig. 199),
die sich mittels einer Herzschaube an
der Drehbuchse des Dreifußes befesti-
gen läßt; hierbei wird die feste Rändel-
scheibe b_2 als Handhabe benutzt. Sitzt
die Herzschaube fest, so wird die
Spiralfeder b_3 (Fig. 199 und 206) durch
Drehung der Mutter b_1 gespannt, wo-
durch die halbkugelförmig abgedrehte
Scheibe b_4 (Fig. 199) und mit ihr das
sogen. Stativdreieck b_5 (Fig. 199) gegen
den Stativkopf gepreßt wird. Diese
Verbindung ist, wie ohne weiteres er-
sichtlich, keine durchaus starre; mit
Hilfe der Stellschrauben des Dreifußes,

deren Gang durch die Schrauben c_9 (Fig. 206) geregelt wird, kann vielmehr der obere, winkelmessende Teil des Instruments nach Maßgabe einer Libelle (s. S. 101) noch für sich eingestellt werden.

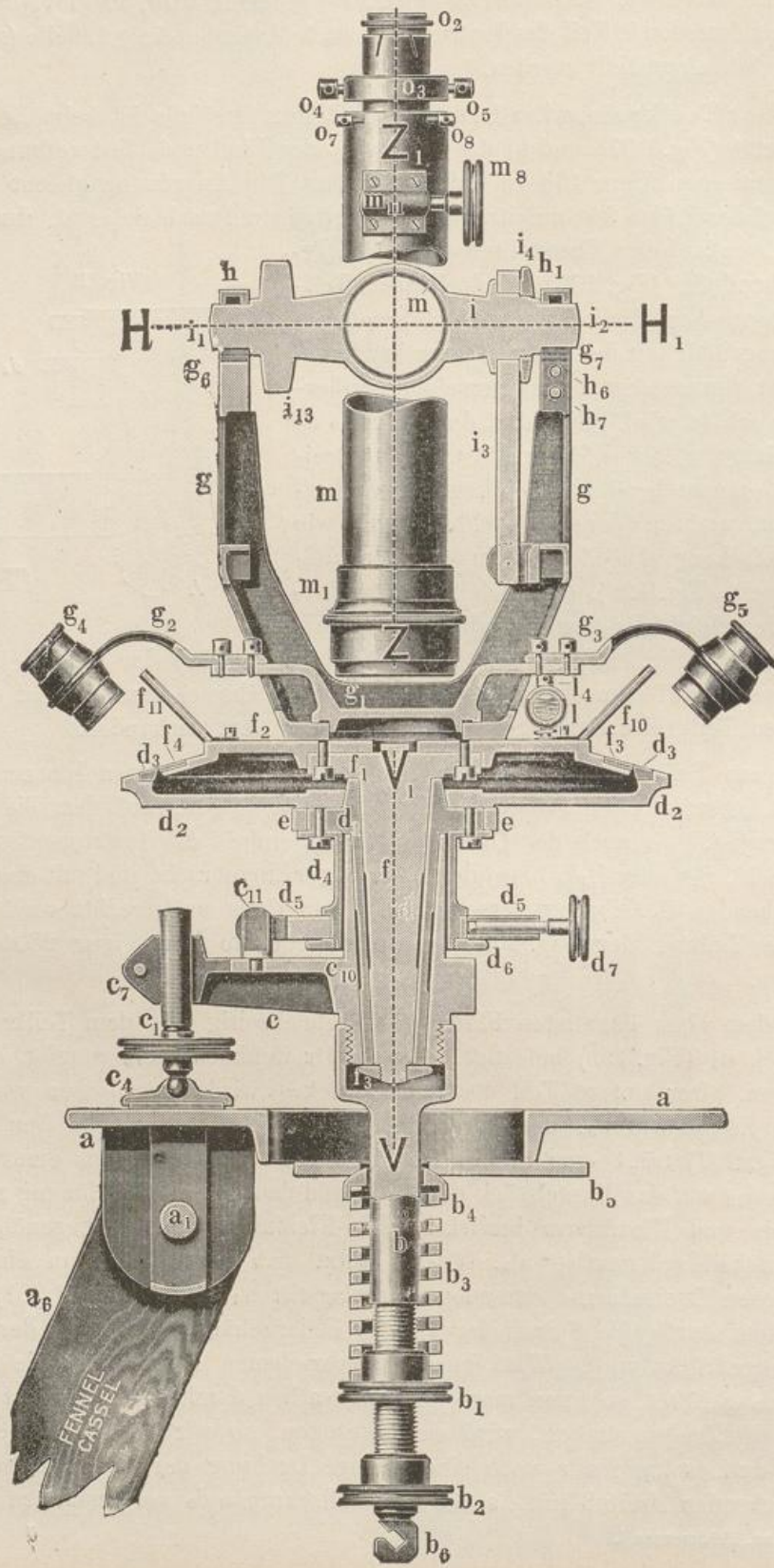
3. Der Teilkreis oder Limbus. Mit dem Dreifuße ist beim „**einfachen Theodoliten**“ (Fig. 197a und b) der Teilkreis oder Limbus d_2 fest verbunden, wie der schematischen Figur 198 zu entnehmen ist. Die Anordnung gleicht der einfachen, auf der Hülse fest aufsitzenden Winkeltrommel nach Seite 81. Im Gegensatz zum „einfachen“ Theodoliten steht der „**Repetitionstheodolit**“ (Fig. 195) mit drehbarem Teilkreis (entsprechend Winkeltrommel S. 85), wodurch die Leistungsfähigkeit des Instrumentes bei kaum in Betracht kömmdem Preisunterschiede außerordentlich erhöht wird. Hier sitzt der Teilkreis d_2 fest auf einer Hohlachse (d Fig. 199), die der Dreifußbuchse entsprechend schwach kegelförmig hergestellt ist und in deren Durchbohrung, wie beim „einfachen“ Theodoliten in der Dreifußbuchse direkt (Fig. 198), die noch weiter zu beschreibende, gleichfalls konisch zulaufende Alhidadenachse f (Fig. 199) steckt. Die Achse d (Fig. 199) des Limbus liegt mit einem Flansche auf dem oberen Ende der Dreifußbuchse c_{10} auf und ist mit dem eigentlichen Teilkreise durch Schrauben (Fig. 199) fest verbunden.



In dem Teilkreise ist an dem nach außen abgeschrägten Innenrande ein Ring aus Argentan oder Silber d_3 (Fig. 199) eingelassen, auf dem die Teilung aufgetragen ist. Je nach der Größe und der Feinheit des Instrumentes ist die Teilung in 1° , $\frac{1}{2}^\circ$ oder $\frac{1}{3}^\circ$, bisweilen noch enger angebracht und mit einer leicht zu übersehenden Bezifferung versehen, die von links nach rechts verläuft, wie die offene Teilung der Fig. 200a und die gedeckte der Figur 200b veranschaulichen.

An dem oben genannten Flansche ist gleichzeitig mit dem Teilkreise ein Mantelstück d_4 (Fig. 199) befestigt, das die Dreifußbuchse c_{10} umgibt, ohne sie zu berühren. Der untere Teil des Mantelstückes wird umschlossen von einem drehbaren Klemmarm d_5 , der durch den Ring d_6 gehalten wird. Der Klemmarm (s. Fig. 201) trägt eine „Klemmschraube“ d_7 , die mittels eines Bremsklötzchens d_{13} auf das Mantelstück d_4 drückt und dadurch eine Hemmung zwischen Mantelkreis und Klemmarm bewirkt. Der Klemmschraube d_7 gegenüber liegt die „Feinstellschraube“ d_9 . Diese stützt sich gegen einen in einem der drei seitlichen Dreifußarme sitzenden Anschlagstift c_{11} (Fig. 199 und 201), gegen den sie stets durch die Spiralfeder d_{11} im Federgehäuse d_8 mittels der Federhülse d_{12} gedrückt wird. Wird in der beschriebenen Einrichtung die Klemmschraube d_7 gelüftet, so kann man die Limbusachse d mit dem Mantelstück frei in der Dreifußbuchse drehen, wird sie angezogen, so wird die freie Bewegung gehemmt, und es kann nur noch eine geringe Drehung der Limbusachse gegen den feststehenden Dreifuß mittels der Feinstellschraube d_9 vorgenommen werden.

Fig. 199.



4. Die Alhidade. Die „Alhidade“, eine kleinere Kreisscheibe (f_2 der Fig. 199, 200a und 206) als der Limbus, dem sie sich anschmiegt, steckt mit

Fig. 200a.

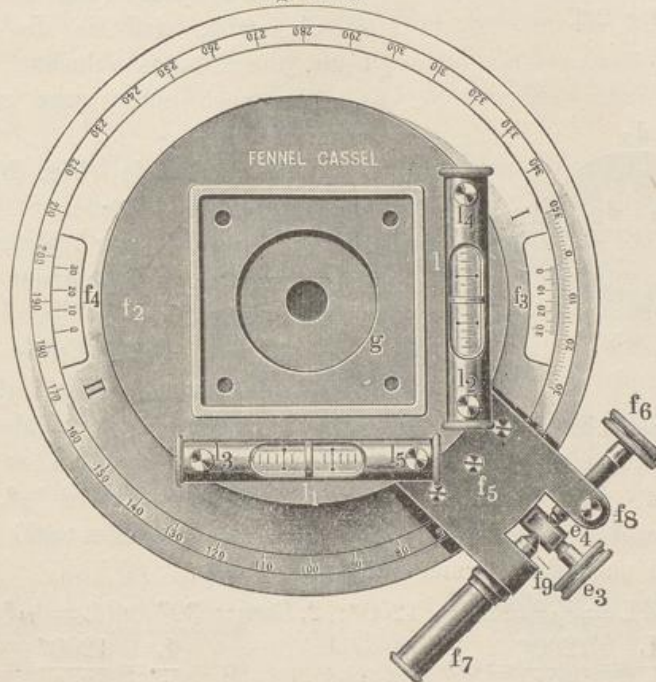
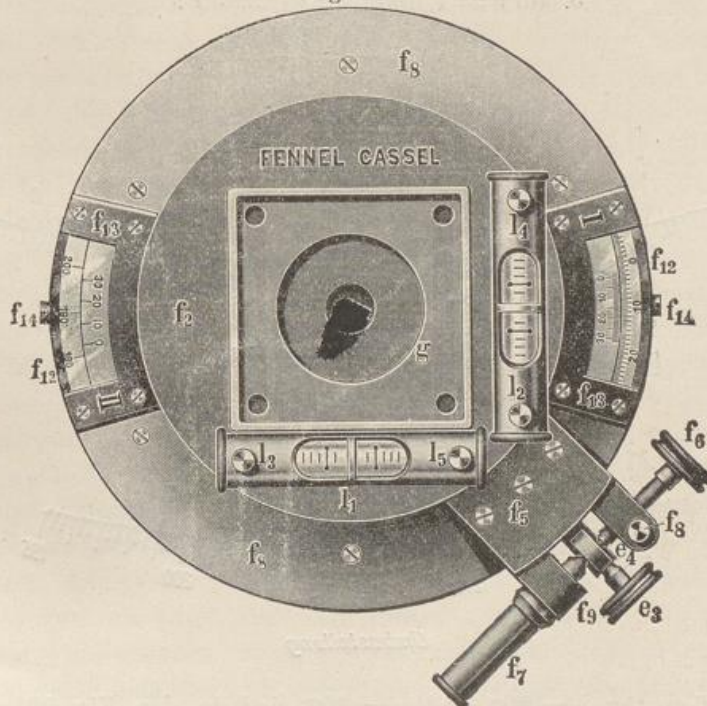


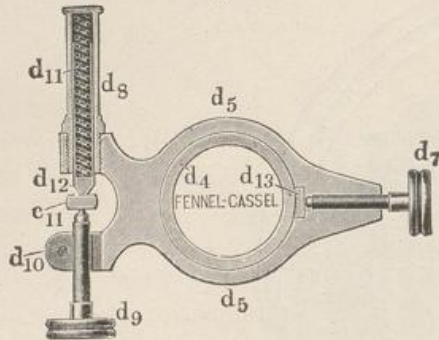
Fig. 200b.



ihrer schwach konisch zulaufenden Achse f beim „einfachen Theodoliten“ direkt in der Dreifußbuchse (Fig. 198), beim „Repetitionstheodoliten“ in

der Limbushoblachse (Fig. 199 f in d), wo sie auf dem ringförmigen Rande der Limbusachse d (Fig. 199) aufliegt. Eine Schraubenmutter f_3 am unteren Ende der Alhidadenachse (Fig. 198 und 199) ist so abgepaßt, daß sie die Dreifußbuchse bzw. die Limbushohlachse nicht berührt, sondern noch einen ganz geringen Spielraum frei läßt.

Fig. 201.



Die Alhidade (Fig. 200a) trägt an zwei gegenüberliegenden Stellen die „Nonien“ f_3 und f_4 zur Ablesung der Kreisteilung und Bestimmung der gesuchten Horizontalwinkel.

Ueber die Einrichtung des Nonius ist bereits das Erforderliche auf S. 81 gesagt worden. Hier ist nur noch nachzutragen, daß die Noniusangabe bei besseren Theodoliten zu $a = 20''$ oder $30''$, bei kleineren Instrumenten zu $a = 60'' = 1'$ eingerichtet wird. Der Limbus ist hierbei fast durchweg in $\frac{1}{3}^\circ$, bei $a = 1'$ in $\frac{1}{2}^\circ$ geteilt. Dieser Teilung entsprechen dann am Nonius $n = 60$ und 40 , bzw. 30 Striche, denn nach der Formel auf Seite 82 ist:

1. für $a = 20''$ und $L = \frac{1}{3}^\circ = 20' = 1200''$: | 2. für $a = 30''$ und $L = \frac{1}{3}^\circ = 20' = 1200''$:

$$n = \frac{L}{a} = \frac{1200''}{20''} = 60$$

$$n = \frac{L}{a} = \frac{1200''}{30''} = 40$$

3. für $a = 1'$ und $L = \frac{1}{2}^\circ = 30'$:

$$n = \frac{L}{a} = \frac{30'}{1'} = 30$$

Fig. 201 a.

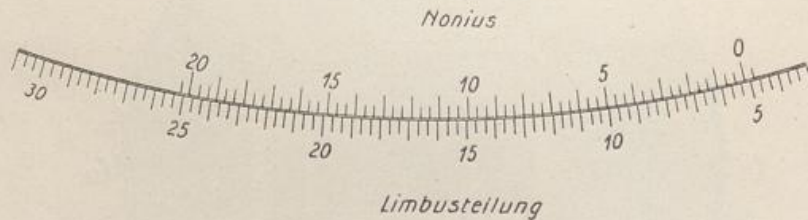


Fig. 201 b.



Die Nonien für $a = 20''$ und $a = 30''$ sind in den Fig. 201a und 201b, mit den Ablesungen $5^\circ 7' 40''$ und $199^\circ 29' 00''$, zu sehen; einen Nonius mit der Angabe von $1'$ siehe Figur 200a und 200b rechts.

Die Nonien haben in der Regel einen Vor- und Nachstrich, um die Ablesungen am Anfange und Ende der Nonienteilung zu erleichtern. Die Zählung der Striche gilt aber zwischen dem Null- und Endstriche, was stets zu beachten ist. Unterstützt wird die Ablesung durch zwei gewöhnliche Lupen (Fig. 197a und g_4 und g_5 in Fig. 199*), die auf dem Alhidadenkreise mittels zweier Arme g_2 und g_3 angebracht sind und entsprechend der Beschaffenheit des Auges des Beobachters sich in Hülsen verschieben lassen.

Mitten auf der Alhidade ist für die Horizontierung des Instrumentes in der Regel auch die „Dosenlibelle“ angeordnet, mit der Alhidade durch drei Schrauben und dazwischenliegender dreilappiger Feder (s. a. S. 82) verbunden; die Dosenlibellen sind in den Figuren 197a und 197b zu sehen. Bei dem vorbeschriebenen Repetitionstheodoliten von Fennel***) werden statt der Dosenlibelle zwei „Röhrenlibellen“ als „Kreuzlibellen“ mit der Alhidade verbunden, von denen die eine parallel, die andere rechtwinklig zur Kipp- oder Horizontalachse des Fernrohres (s. unten) gelagert wird (siehe die Figuren 199, 200 und 206.)

Die „Röhrenlibelle“ ist ein tonnenförmig (Fig. 202 und 203) ausgeschliffenes, an beiden Enden zugeschmolzenes Glasrohr, das bis auf eine „Blase“

Fig. 202.

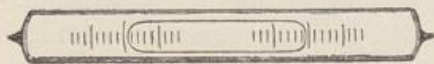
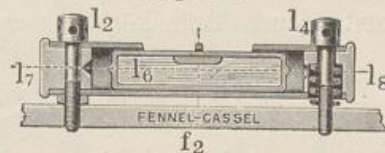


Fig. 203.



(S. 82) mit Schwefeläther oder Weingeist gefüllt ist und eine Strichteilung (Fig. 200 und 202) trägt. Die Röhrenlibelle ist in einer Metallfassung befestigt, die an einer Seite durchbrochen ist und die Teilung sehen läßt (Fig. 200). Die Verbindung der Libellen mit der Alhidade erfolgt durch die beiden Befestigungsschrauben l_2 und l_3 (Fig. 200 und 203) und durch die beiden Richtschrauben l_4 und l_5 , denen je eine Spiralschraube l_8 (Fig. 203) entgegenwirkt.

Der Alhidadenkreis trägt noch ein Ansatzstück f_5 (Fig. 200) mit der „Feinstellschraube“ f_6 und dem Federgehäuse f_7 mit dem Federstift f_9 . Die Spitze der Feinstellschraube f_6 lehnt sich gegen den Ansatz e_4 (Fig. 200 und 206) eines weiteren Klemmarmes e (Fig. 199 und 206), der über den früher genannten Flansch (s. S. 97) geschoben ist und nach Anzug der „Klemmschraube“ e_3 (Fig. 206 und 200) mittels des Druckstiftes e_2 und des Bremsklötzchens e_1 gegen den Flansch festgelegt werden kann. Ist die Klemmschraube e_3 gelüftet, so läßt sich die Alhidade mit ihrer Achse f (Fig. 199) und dem ganzen Oberteil des Instrumentes samt dem Klemmarm e herumdrehen. Im anderen Falle wird der Klemmarm mit der Limbusachse d (Fig. 199) fest verbunden, und man vermag nur mittels der Feinstellschraube f_6 (Fig. 200) die Alhidade gegen den Limbus um ein Geringes zu drehen.

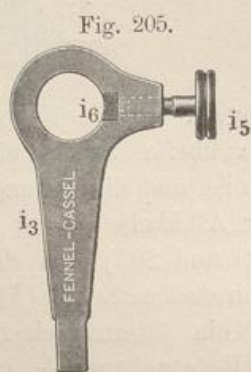
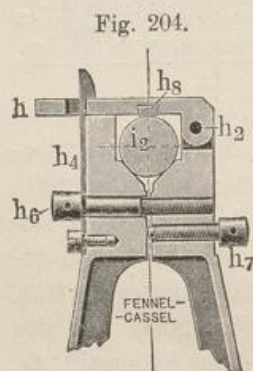
Aus dem Vorstehenden ist zu ersehen, daß beim „Repetitionstheodoliten“ sowohl die Alhidade gegen den Limbus, wie auch die Alhidade zusammen

*) Bei dem Theodoliten Figur 197b wird eine einfache Handlupe benutzt.

**) Siehe Adolf Fennel-Cassel: Geodätische Instrumente, Heft II, Nonientheodolite, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1911.

mit dem Limbus sich gegen den Dreifuß grob und fein verstellen läßt. Beim „einfachen Theodoliten“ (Fig. 197 und 198) ist eine Drehung der Alhidade nur gegen den Limbus möglich, ein Verstellen des Limbus auf dem Stativ ist nur nach Lüftung der Schraube b_1 an der Schraubenstange b (siehe die Fig. 206) durchführbar, also gleichzeitig mit dem Dreifuße.

5. Die Fernrohrträger und das Fernrohr. Seitlich symmetrisch zur Mitte der Alhidade, wenn eine Dosenlibelle inmitten angebracht ist (Fig. 197), oder auf der Mitte selbst erheben sich, mit der Alhidade durch kräftige Schrauben verbunden, zwei „Fernrohrträger“ g (Fig. 199 und Fig. 197), die an den oberen Enden zu einem y-förmigen Lager (Fig. 204) für die „Horizontal- oder Kippachse“ i (Fig. 199 und i_2 204) des „Fernrohrs“ m (Fig. 199) ausgebildet sind. Die Lager werden durch aufklappbare (h Fig. 204) oder aufschraubbare Deckel geschlossen. Beim Schließen (nach Fig. 204) dringt die Schnappfeder h_4 durch die Oeffnung im Lagerdeckel h hindurch und hält denselben fest. Die Schrauben h_6 und h_7 der Fig. 204 dienen zur geringen Hebung und Senkung eines in den Lagern ruhenden zylindrischen Zapfens der Kippachse des Fernrohrs. Zu diesem Zwecke ist das eine Fernrohrlager (Fig. 199 rechts) durch einen senkrechten Schnitt (Fig. 204) geteilt, und die so entstandenen Teile können durch die beiden Schrauben (h_6 und h_7) auseinander-



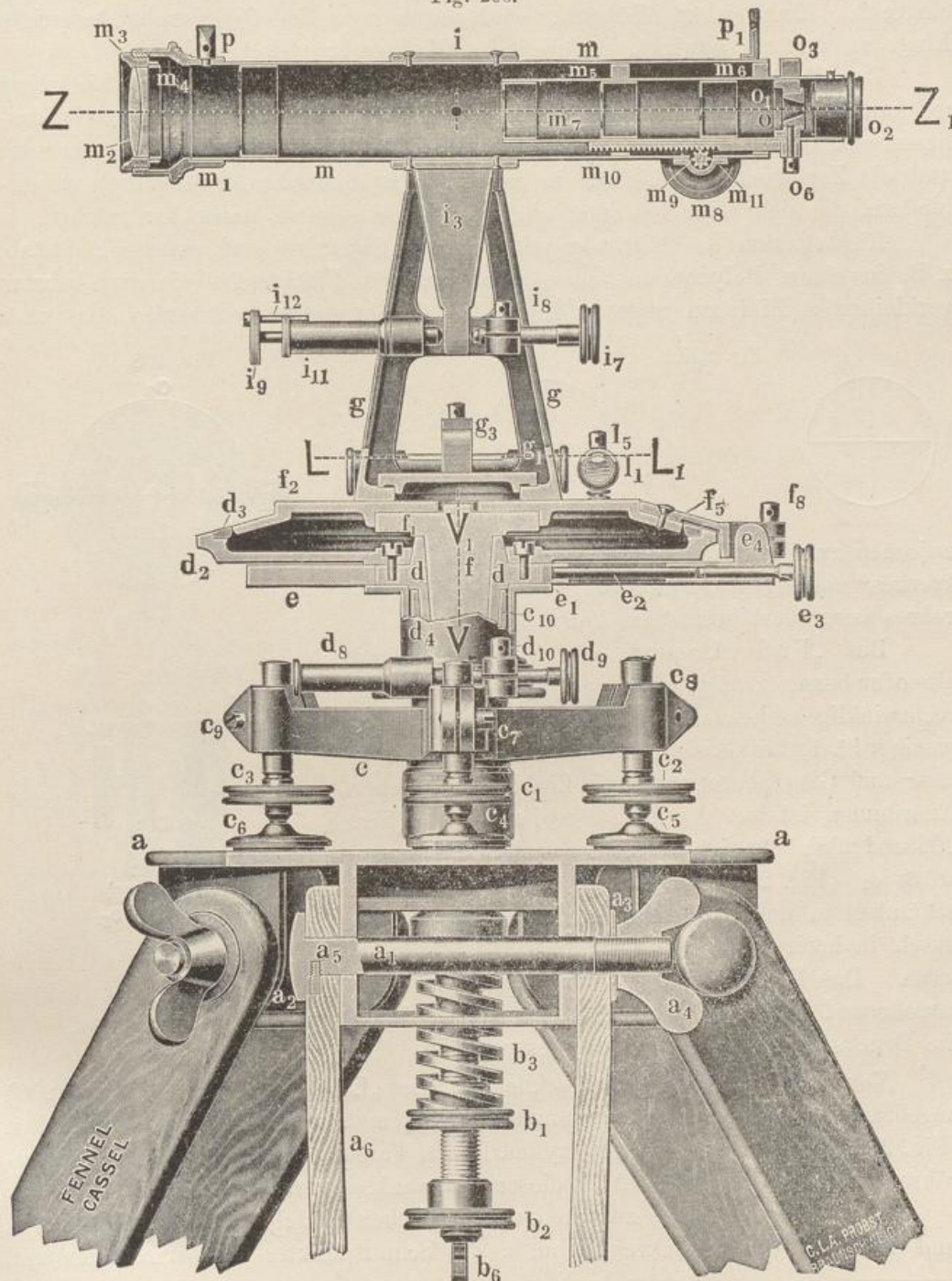
gedrückt oder zusammengezogen werden. Durch Lüftung der Schraube h_7 und Anziehen der Schraube h_6 wird das Lager enger und dadurch der Achszapfen i_2 gehoben, umgekehrt wird durch Lüften von h_6 und Anziehen von h_7 das Lager weiter, und der Achszapfen senkt sich.

Das wiederholt genannte „Fernrohr“ m (Fig. 199 und 206) ist durch die in ihrer Mitte zylindrisch gestaltete Kippachse (Fig. 199) und mit dieser durch Schrauben (Fig. 206) oder in anderer Weise verbunden und läßt sich auf der Kippachse in den oben beschriebenen Lagern der beiden Fernrohrträger „kippen“ d. h. vertikal drehen.

Für die sichere Einstellung auf einem Zielpunkt (Polygonpunkt usw.) ist, wie vor für die Alhidaden- und Limbusachse, gleichfalls eine Klemm- und Feinstellvorrichtung in Gestalt eines „Klemmhebels“ i_3 (Fig. 205) vorgesehen. Der Klemmhebel ist auf einer Seite der Kippachse aufgesteckt (Fig. 199) und wird dort durch eine Scheibe i_4 gehalten. Eine „Klemmschraube“ i_5 (Fig. 205) — in Fig. 199 nicht sichtbar — drückt auf das Bremsklötzchen i_6 und damit auf die Kippachse und hält so das Fernrohr fest, während der untere Teil des Hebels zwischen der „Feinstellschraube“ i_7 (Fig. 206) und einem Federstift in dem Federgehäuse i_{11} sitzt. Der Federstift kann mit der Scheibe i_9 zurückgezogen und außer Tätigkeit gesetzt werden, indem man ihn etwas dreht, so daß der Stift i_{12} (Fig. 206) nicht durch die seitliche Einkerbung am Federgehäuse gleitet,

sondern sich gegen den Rand des Federgehäuses stützt. Diese Einrichtung kommt in Gebrauch beim Ein- und Aussetzen des Fernrohrs, das im Transportkasten des Instrumentes (Fig. 210) einen besonderen Platz erhält.

Fig. 206.



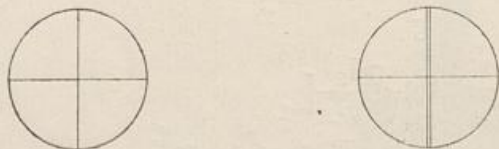
Das Fernrohr selbst ist in einer Ansicht (Fig. 199) und in einem Längenschnitt (Fig. 206) dargestellt. Es besteht aus zwei Metallröhren, dem „Ob-

ektivrohr“ m und dem „Okularrohr“ m_7 , von denen das letztere sich gegen das erstere verschieben läßt. Die Verschiebung erfolgt mittels einer Trieb- schraube m_8 , die am Okularrohr durch eine Kappe m_{11} festgehalten wird und mit dem Getriebe m_9 in eine längs des Okularrohrs befestigte Zahnstange m_{10} eingreift. Eine sichere Führung wird durch zwei im Oektivrohr befestigte Ringe m_5 und m_6 bewirkt, in denen das Okularrohr gleitet.

Das Oektivrohr endet in dem Oektivkopfe m_1 , in dem das „Oektiv“ m_2 mit der Fassung m_3 eingeschraubt ist. Das Oektiv ist aus zwei Glas- linsen zusammengesetzt, um eine Verzerrung des Bildes (sphärische Abweichung) und die Zerlegung des Lichtes in Farben (achromatische Abweichung) zu ver- hindern, die sich beide bei einer einfacher Linse störend bemerkbar machen.

Richtet man das Fernrohr mit seinem „Oektiv“ auf einen Fluchtstab, z. B. in einem Polygonpunkte, so wird von dem Fluchtstabe ein umgekehrtes verkleinertes Bild am anderen Ende des Oektivrohres entworfen, das man

Fig. 207.



zwischen zwei vertikal stehende Fäden des „Faden- kreuzes“ auffangen und mit der „Lupe“ des Okular- rohres vergrößert betrachten kann.

Das „Fadenkreuz“, ein horizontaler und ein oder besser zwei parallele auf dem horizontalen rechtwinklig stehende Spinnfäden (Fig. 207) oder weniger häufig auf Glas geritzte und dann geschwärzte oder auf Glas photographierte Linien in gleicher Anordnung, ist auf der „Fadenblende“ o (Fig. 206 und 208) befestigt, die selbst in dem Führungs- stück o_1 (Fig. 206 und 208) mit Hilfe der Richt- schrauben o_4 und o_5 durch den Okularring o_3 hin- durch in horizontaler Richtung verschoben werden kann. Das Führungsstück o_1 steckt in dem Oku- larrrohr und wird dort samt dem Fadenkreuz durch die Druckschraube o_6 (Fig. 208) festgehalten.

Vor dem Fadenkreuz ist schließlich die „Lupe“ o_2 (Fig. 199 und 206) angebracht, in der Regel eine Zusammensetzung mehrerer Linsen nach Ramsden (Fig. 209), die in einer kurzen zylindrischen Fassung in das Ende des Okular- rohres eingepaßt ist und sich in dieser um wenig verschieben läßt.

Die Verbindungslinie zwischen dem optischen Mittelpunkt*) des Oektivs und der Mitte des Fadenkreuzes, d. h. des Schnittpunktes der horizontalen und

*) Ueber die Theorie der Linsen gibt jedes Handbuch über Physik hinreichende Auskunft.

Fig. 208.

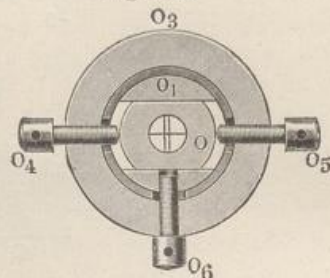
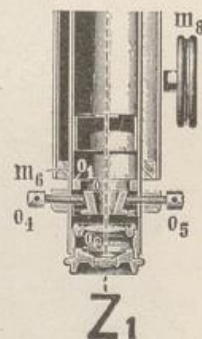


Fig. 209.



der Mittellinie der beiden auf dieser rechtwinklig stehenden Fäden, bildet die für die Einstellung des Fernrohrs auf einem Meßpunkt erforderliche „Ziellinie“ oder „Visierachse“, die in den Figuren 199 und 206 durch die Linie $Z - Z_1$ angegeben ist. Die Einstellung ist einwandfrei, wenn einmal das (umgekehrte) Bild des anvisierten Punktes genau mit der Fadenkreuzebene zusammenfällt, das ist die Ebene, in der die Fäden liegen, und wenn zweitens das Fadenkreuz für das Auge des Beobachters in deutliche Sehweite der Lupe gebracht wird.

Der letzteren Forderung ist leicht nachzukommen, indem man das Fernrohr gegen den freien Himmel kippt und die Lupe in ihrer Fassung o_2 (Fig. 199 oder 206) durch vorsichtiges Drehen im Okularrohr verschiebt, bis das Fadenkreuz scharf und tiefschwarz dem Auge erscheint. Wird hierauf das Fernrohr auf den Meßpunkt (Fluchtstab) gerichtet und das Okularrohr zusammen mit dem Fadenkreuz und der Lupe mittels der Triebsschraube m_8 (Fig. 206) gegen das Objektiv verschoben, bis das Bild des Fluchtstabes zwischen den beiden aufrecht stehenden Fäden des Fadenkreuzes deutlich zu sehen ist, dann ist auch die erste Forderung erfüllt. Ob in letzterem Falle eine wirklich gute Deckung des Bildes und der Fadenkreuzebene stattfindet und nicht noch eine Abweichung, eine „Parallaxe“, vorliegt, kann man daran erkennen, daß beim Hin- und Herbewegen des Auges vor der Lupe, dem „Okular“, das Fadenkreuz sich gegen den Fluchtstab zu verschieben scheint.

Die Lage der Lupe zum Fadenkreuz bleibt für denselben Beobachter dieselbe, dagegen ist für wechselnde Entfernungen der zu beobachtenden Meßpunkte vom Instrumente die Einstellung von Okular zum Objektiv gemäß dem optischen Vorgange bei letzterem immer wieder von neuem vorzunehmen.

Das Aufsuchen des anzuzielenden Punktes wird durch eine Dioptereinrichtung auf dem Fernrohr, die niemals fehlen sollte, sehr erleichtert. Am Objektivkopfe ist ein dachförmig zulaufender Stift p (Fig. 206) angebracht, das andere Ende des Objektivrohres trägt ein aufstehendes Plättchen p_1 mit einem kleinen Schauloch.

6. Erfordernisse eines Theodolits. Ein Theodolit ist zur Messung von Horizontalwinkeln geeignet, sobald die drei früher genannten Achsen, die Alhidadenachse (S. 97), die Kippachse (S. 102) und die Visierachse (S. 105) eine bestimmte Lage zueinander haben. Es muß:

1. Die Alhidadenachse $V - V_1$ (Fig. 199) lotrecht stehen.
2. Die Kippachse $H - H_1$ (Fig. 199) horizontal liegen, damit also rechtwinklig zur Alhidadenachse.
3. Die Visierachse $Z - Z_1$ (Fig. 199) die Kippachse rechtwinklig schneiden.
4. Die Alhidadenachse, die Kippachse und die Visierachse sich in einem Punkte schneiden, siehe den gekreuzten Punkt unter i in Fig. 206.
5. Der Teilkreis rechtwinklig zur Limbusachse liegen und auch zur Alhidadenachse, da beide in inniger Verbindung stehen.
6. Bei der Drehung der Alhidade der Mittelpunkt des Alhidadenkreises mit dem des Teilkreises zusammenfallen.

Auf die gestellten Bedingungen und ihre Erfüllung durch Berichtigung des Instrumentes soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Instrumente

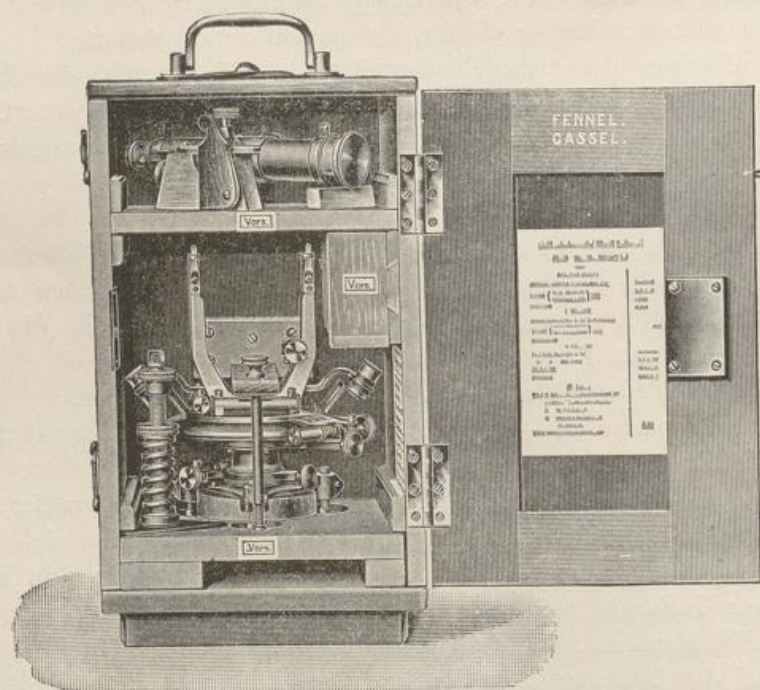
werden vom Fabrikanten, der auch insbesondere die gewünschte genaue rechtwinklige Stellung des Limbus zu dessen Achse bzw. der Alhidadenachse (s. Forderung unter 5.) geben kann, gut berichtet geliefert, vor allem aber werden die entstehenden Fehler durch die in dem folgenden Abschnitte 7 angegebenen Messungsmethoden beseitigt, indem:

- a) Die **Alhidadenachse** mit Hilfe der „Libelle“, Dosen- oder Röhrenlibelle, **genau in die Lotrechte gestellt wird**,
- b) an **zwei gegenüberliegenden Nonien** der Albidade **abgelesen**,
- c) die Beobachtung in **zwei Fernrohrlagen** durchgeführt wird.

Im Bedarfsfalle benutze man die zum Theodolite gehörende „Berichtigungsanweisung“, die beim Ankaufe jedem Instrumente beigelegt wird.

7. Aufstellung und Gebrauch des Theodolits. Der Theodolit wird, wie schon gesagt wurde (s. S. 94), in Verbindung mit einem Stativ benutzt. Man stellt nach Lüftung der Flügelschrauben den runden Ausschnitt (Fig. 196) des nach Augenmaß horizontal gehaltenen Stativkopfes möglichst lotrecht über dem Scheitelpunkte des zu messenden Winkels auf, drückt die Schuhspitzen in den Boden und zieht wieder die Flügelschrauben, jedoch nicht zu stark an. Der Theodolit wird sodann dem Transportkasten (Fig. 210) entnommen und mit der Schraubenstange b (Fig. 199), der gleichfalls im Kasten aufbewahrt wird (Fig. 210 links) oder an dem Stativ befestigt ist, zunächst unter kaum merklicher Anspannung der Spiralfeder b_3 mit dem Stativkopfe verbunden.

Fig. 210.



Ist das Fernrohr besonders im Kasten untergebracht, was für den Transport (s. u.) sehr zu empfehlen ist, so wird dieses in das Lager der Fernrohrträger gelegt und nach Schließen der Deckel h (Fig. 204) der Federstift i_9 (Fig. 206)

gegen den Klemmhebel i_3 (Fig. 206) geführt. Es folgt hierauf die erste (rohe) Einstellung der Alhidadenachse in die Lotrechte mit Hilfe der Dosenlibelle (s. u.) oder der Kreuzlibellen (s. u.) unter Benutzung der Stellschrauben des Dreifußes

Fig. 211.

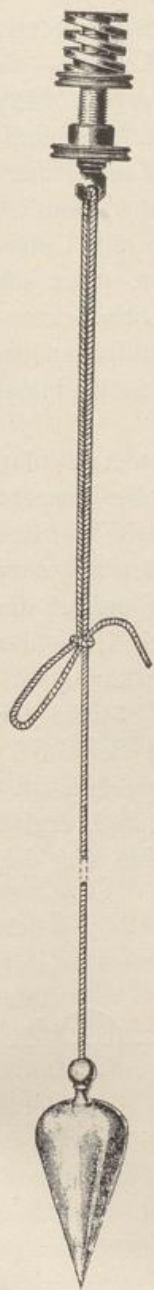
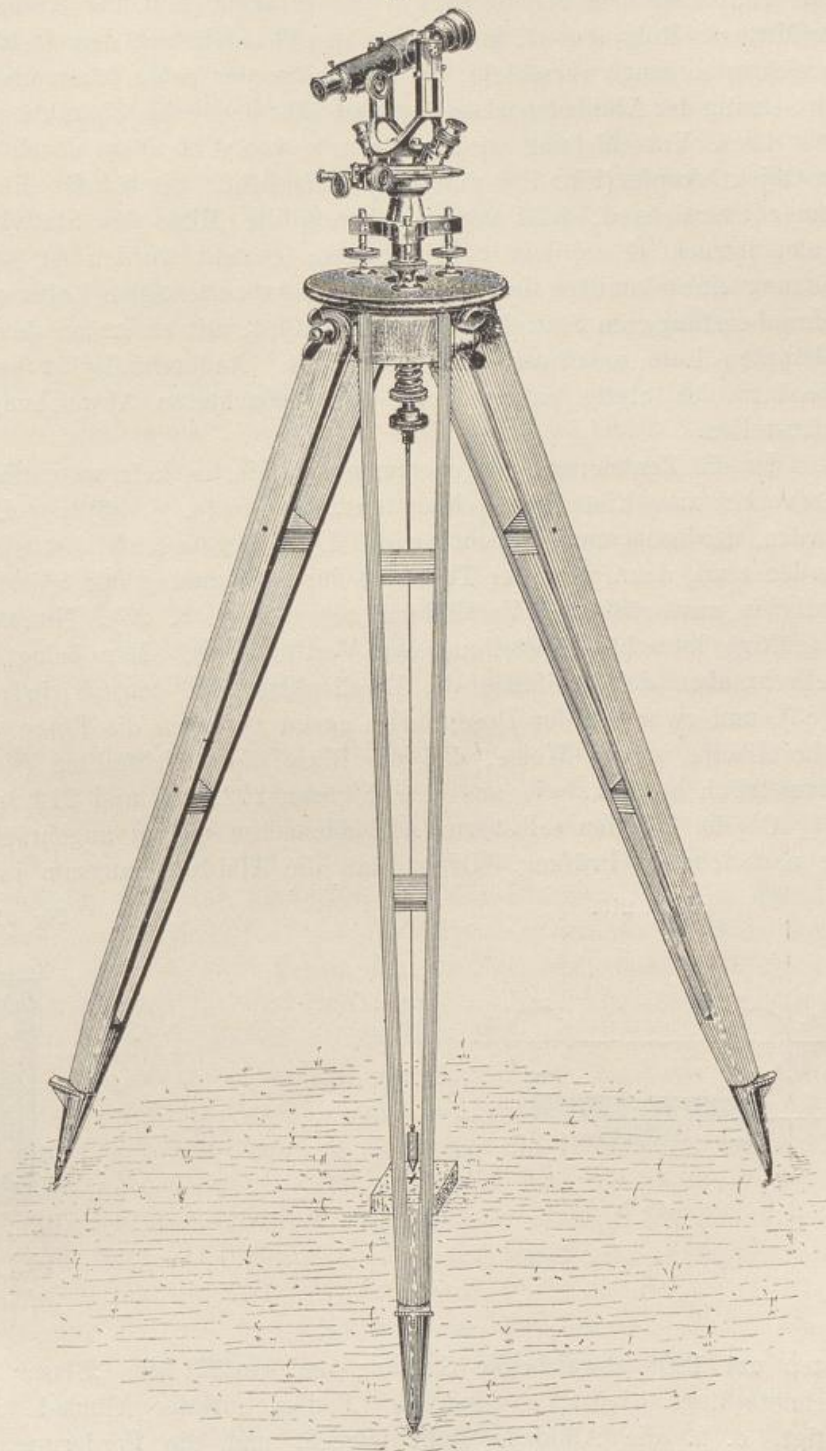


Fig. 212.



(s. S. 95), nachdem an den Lothaken b_e (Fig. 199) das „Zentrierlot“, ein einfaches Fadenlot (Fig. 56) in einer Schlinge (Fig. 211) aufgehängt wurde, mittels der der Lotkörper gehoben oder gesenkt werden kann. Das Lot dient zur „Zentrierung“ des Mittelpunktes des Limbus, also auch der Alhidadenachse $V-V_1$ (Fig. 199) über dem Scheitelpunkte des Winkels (z. B. der Kreuzmarke Fig. 14, der Mitte des Rohres usw), indem man den Theodolit auf dem feststehenden Stativ vorsichtig so lange verschiebt, bis die Spitze des ruhig hängenden Lotes — als Fortsetzung der Alhidadenachse — genau über dem Scheitelpunkte steht (Fig. 212).

Diese Verschiebung wird in Grenzen von 4 bis 5 cm durch den Ausschnitt im Objektivkopfe (Fig. 196 und 199) ermöglicht. Sie ist für die „Zentrierung“ immer ausreichend, falls von vornherein die Mitte des Stativkopfes ziemlich genau lotrecht über dem Scheitelpunkte gestellt worden ist, was mit Unterstützung eines inmitten des Ausschnittes herabzulassenden Lotes oder, wenn die Schraubenstange am Stativkopfe angebracht ist, mit einem an dem Lothaken angehängten Lote unschwer zu erreichen ist. Anderenfalls ist bei aufruhendem Theodolit das Stativ entsprechend der beobachteten Abweichung noch einmal aufzustellen.

Ist die Zentrierung vorgenommen und hierbei kein wesentlicher Ausschlag der vorher zum Einspielen gebrachten „Blase“ (s. S. 83) der Libelle bemerkt worden, der sonst unter Beachtung des Lotes gegebenenfalls wiederholt beseitigt werden muß, dann wird der Theodolit durch Spannung der Spiralfeder mit dem Stativ in unverrückbare Verbindung gebracht (s. S. 96). Nunmehr erfolgt die endgültige lotrechte Einstellung der Vertikalachse. Man bringt mit Hilfe der Stellschrauben des Dreifußes die Libellenblase auf den „Spielpunkt“ (siehe S. 83), und zwar bei der Dosenlibelle genau zwischen die Ringe (S. 83) bei der Röhrenlibelle in der Weise, daß die Blase die Strichteilung (siehe Seite 101) symmetrisch bespült, wie aus den Figuren 202, 213 und 214 zu ersehen ist.

Ob die Libellen selbst zur Alhidadenachse richtig angebracht sind, ergibt die nachstehende Prüfung. Dreht man die Alhidade langsam in eine von der

Fig. 213.

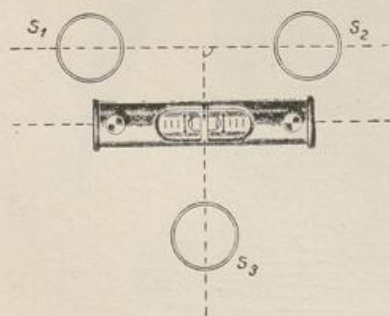
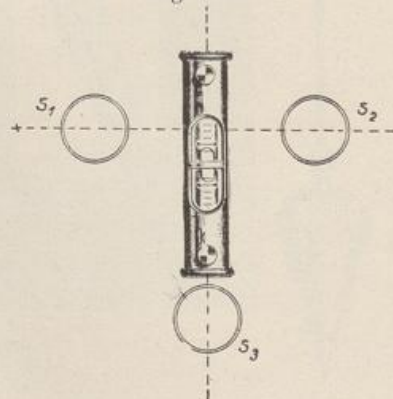


Fig. 214.



ersten um 180° abweichende Stellung und verläßt die „Blase“ die oben bezeichnete Lage nicht, so sind die Libellen auf der Alhidade zutreffend befestigt, d. h. die Alhidade steht lotrecht und die Forderung unter 1. auf

Seite 105 ist erfüllt. Im anderen Falle ist eine Berichtigung der Libellen vorzunehmen.

Handelt es sich um eine Dosenlibelle, so wird der halbe größte Ausschlag durch die an der Libellenfassung sich befindlichen drei Richtschrauben beseitigt. Wird hierauf durch die Stellschrauben des Dreifußes die Libelle zum „Einspielen“ gebracht, dann steht die Alhidadenachse lotrecht. Eine sich zeigende, wesentlich kleinere Abweichung der Blase bei erneuter Drehung um 180° wird in gleicher Weise, nötigenfalls durch Wiederholung des Verfahrens, gänzlich beseitigt.

Die Berichtigung der Kreuzlibellen erfolgt einzeln. Man stellt die eine von ihnen durch Drehung der Alhidade parallel zu zwei Stellschrauben des Dreifußes s_1 und s_2 der Fig. 213 und bringt durch letztere (s_1 oder s_2) die Blase zum Einspielen. Hierauf dreht man die Alhidade um 180° , beseitigt die Hälfte des sich zeigenden Ausschlages mit Hilfe der Richtschraube der Libellenfassung l_4 (Fig. 203) und bringt die Blase in dieser neuen Stellung mit Hilfe der Stellschrauben (s_1 oder s_2) wieder zum Einspielen. Nun stellt man die Röhrenlibelle über die dritte Stellschraube s_3 (Fig. 214) und läßt mit dieser die Blase auf den „Spielpunkt“ einspielen. Ist der geschilderte Vorgang einwandfrei durchgeführt worden, dann steht die Alhidadenachse lotrecht und die Libellenblase bleibt bei beliebiger Drehung der Alhidade auf dem Spielpunkte stehen. In der Regel muß die Berichtigung, wenn sie einmal notwendig wird, in der angegebenen Weise wiederholt werden.

Die andere der beiden Kreuzlibellen erhält die gewünschte Lage, wenn sie nach Lotrechtstellung der Alhidadenachse durch die berichtigte erste Libelle unter Benutzung ihrer Richtschraube l_4 (Fig. 203) einmal genau zum „Einspielen“ gebracht wird.

Sobald nach Obigem die Alhidadenachse zentrisch und lotrecht aufgestellt ist, kann mit der Winkelmessung begonnen werden; dabei wird vorausgesetzt, daß die beiden Endpunkte der Winkelschenkel durch eingelotete Fluchtstäbe (s. S. 83) gut sichtbar gemacht sind. Man richtet das Fernrohr unter Benutzung der Dioptervorrichtung $p p_1$ der Figur 206 auf den Fluchtstab, stellt dasselbe mit der Klemmschraube i_5 (Fig. 205) auf der Kippachse und die Alhidade durch die Klemmschraube e_3 (Fig. 206) gegen den Dreifuß fest und dreht die bezüglichen Feinstellschrauben i_7 (Fig. 206) bzw. f_6 (Fig. 200), bis der (umgekehrt gesehene) Fluchtstab genau mitten zwischen den beiden Fäden des Fadekreuzes erscheint oder, wenn er in geringer Entfernung liegt, bis die Mittellinie der Fäden die Mittellinie des Fluchtstabes trifft. Dann ist die Schenkelrichtung gegen den Limbus festgelegt und man kann die Ablesung an den beiden Nonien der Alhidade vornehmen. In gleicher Weise wird die zweite Schenkelrichtung oder, falls mehrere Schenkel (Fig. 224) in einem Scheitelpunkte zusammenstoßen, auch eine dritte, vierte . . . Richtung nacheinander (im Sinne des Uhrzeigers) eingestellt und am Teilkreise abgelesen.

Zur Beseitigung der aus der Nichterfüllung der Forderungen 2. bis 4. auf Seite 105 entstehenden Fehler wird die Messung in zwei Fernrohrlagen durchgeführt, indem man nach der angegebenen Beobachtung das Fernrohr um 180° „kippt“ (s. S. 102) und die Messung, am besten in umgekehrter Reihen-

folge (von rechts nach links), wiederholt. Ueber die Niederschrift der Beobachtungen im einzelnen und die Berechnung berichtet eingehend der weiter folgende Abschnitt 10.

Ist auf mehreren Punkten, z. B. Polygonpunkten, die Winkelmessung nach einander durchzuführen, so wird der Theodolit zum Transport auf dem Stativ belassen. Nach Abnahme des Lotes und nach Lösung der Flügelschrauben hebt man das Stativ vom Boden, legt die Stativbeine zusammen und trägt das Instrument, den Stativkopf mit dem Theodolit nach oben gerichtet, vorsichtig zum nächsten Punkte.

Wird der Theodolit zum Transporte verpackt, so ist die vorgeschriebene Lage der Instrumententeile in dem Kasten (Fig. 210) genau zu beachten. Bei dem hier beschriebenen Theodoliten von Fennel in Cassel, dessen Verpackung im wesentlichen derjenigen anderer Firmen entspricht, wird der Dreifuß auf einem Schiebebrett von unten durch eine Schraubenmutter, die in das Gewinde der Dreifußbuchse eingreift, festgeschraubt. Durch eine keilförmige auf dem Boden des Kastens befindliche Holzleiste wird verhindert, daß durch Stöße während des Transports sich diese Mutter löst. Zur Sicherung des Dreifußes mit der Alhidade ist weiter ein federnder Holzbügel angebracht, der sich mit einem Ende gegen einen Ansatz an der Rückwand des Kastens stützt. Seine Mitte drückt zwischen den beiden Fernrohrträgern zentrisch auf die Alhidadenachse, sobald eine lange Klemmschraube, deren Muttergewinde sich in dem genannten Schiebebrett (Fig. 210) befindet, am vorderen Ende des Holzbügels sanft angezogen wird. Bei diesen zwei Befestigungen des unteren Teiles des Theodolits werden auch starke Stöße beim Transport ohne Schaden des Instruments bleiben. Das Fernrohr wird für sich auf einem besonderen Schiebebrett gelagert und durch Ueberfälle und Anschlagklötzchen festgehalten. Hierbei wird eine Belastung der Fernrohrträger ganz ausgeschaltet und die beim Transportieren von Theodoliten mit nicht abnehmbarem Fernrohr vorkommenden Verbiegungen an Instrumententeilen sind hier fast ausgeschlossen.

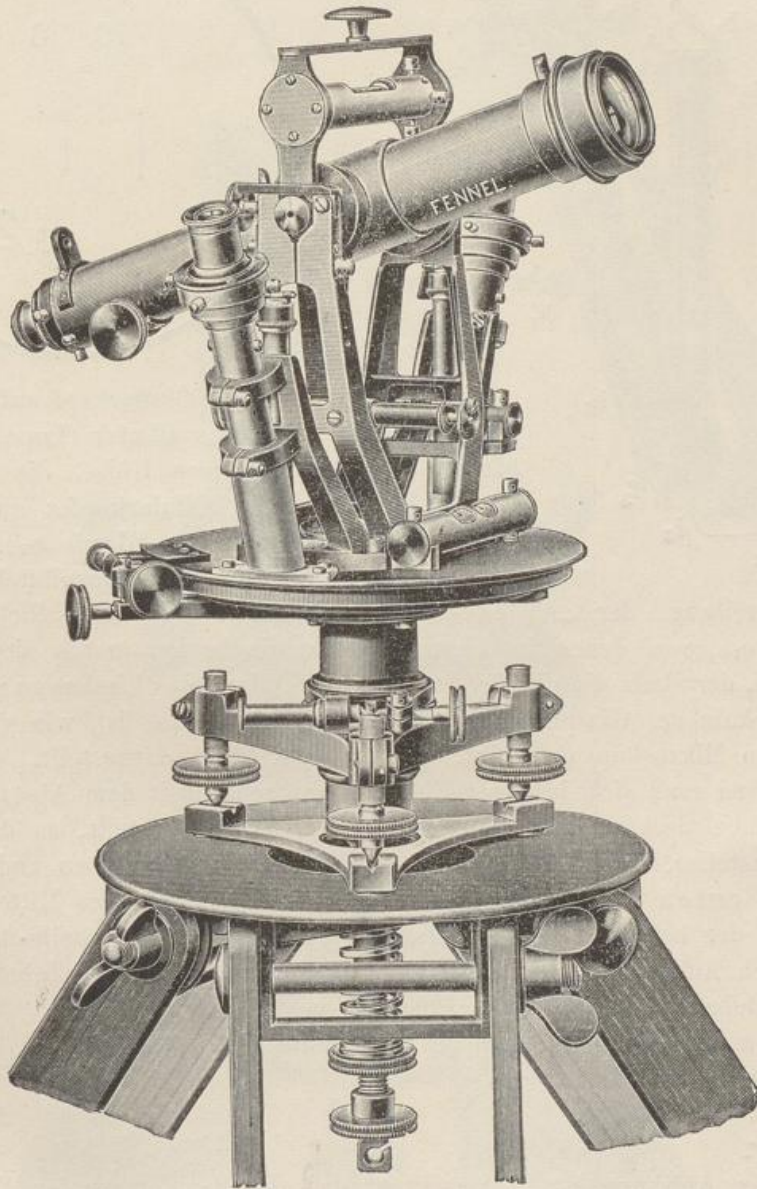
8. Mikroskop-Theodolite. Kleinere und mittlere Theodolite werden außer mit den auf S. 100 usw. beschriebenen „Nonien“ mit sehr praktischen Ablesevorrichtungen, mit „Skalen-Mikroskopen“ und „Nonien-Mikroskopen“ ausgestattet, die im allgemeinen bequemer und genauer, wenn auch etwas teurer als einfache Nonien sind.

Die Bauart solcher Theodolite stimmt mit dem oben beschriebenen Instrumente, wie schon der Anblick der weiteren Abbildungen zeigt, im wesentlichen überein. Statt eines Nonius (Fig. 200 a und 200 b), der an der Kreisteilung entlang läuft, sind hier, siehe Fig. 215 und 217*), die beiden Lupen (Fig. 199) zu Mikroskopen ausgebildet, deren Längsschnitt in Fig. 216 dargestellt ist. Es ist d_2 der Teilkreis, d_3 die Silbereinlage mit der Teilung und f_2 die Alhidade. Mit letzterer fest durch Schrauben verbunden ist der Mikroskop-

*) Die auf der „Kippachse“ der Theodolite Fig. 215 und 217 aufgesetzte Röhrenlibelle, eine „Reiterlibelle“, dient (wie die beiden Kreuzlibellen) zur genaueren Einstellung der Alhidadenachse in die Lotrechte, ferner auch zur Justierung des Instrumentes gemäß den Forderungen auf Seite 105.

halter h und seine zwei ringförmigen Ansatzstücke h_1 und h_2 , in die das Mikroskoprohr o gesteckt wird. Durch die Schraube h_3 und h_4 wird das Rohr in den Ansatzstücken festgeklemmt. Auf der Alhidade sitzt ferner eine Hülse h_5 , um störendes Seitenlicht von der Kreisteilung fern zu halten und diese möglichst staubsicher zu verdecken. Die Hülse umschließt das Objektiv o_2 des Mikro-

Fig. 215.



skops und trägt auf einem hohlen Ansatz das Leuchtrohr h_6 , das mit einem Glasscheibchen h_{10} abgeschlossen ist. Um das Ende dreht sich eine kurze Hülse h_7 — durch die Schraube h_9 gegen den Leuchtrohrkopf gesichert — und ist mit einem auf- und niederklappbaren Reflektor h_8 versehen. In dem äußeren Mikroskoprohr o verschiebbar ist das innere Rohr o_1 mit der Objektivfassung

o_2 und dem Objektiv o_3 angebracht. Eine Verschiebung der beiden Rohre wird gehindert durch zwei Schraubchen o_{13} und o_{14} (s. Fig. 215), deren Lage in Fig. 216 nur für o_{13} zu erkennen ist. Auf dem oberen Ende des äußeren

Fig. 216.

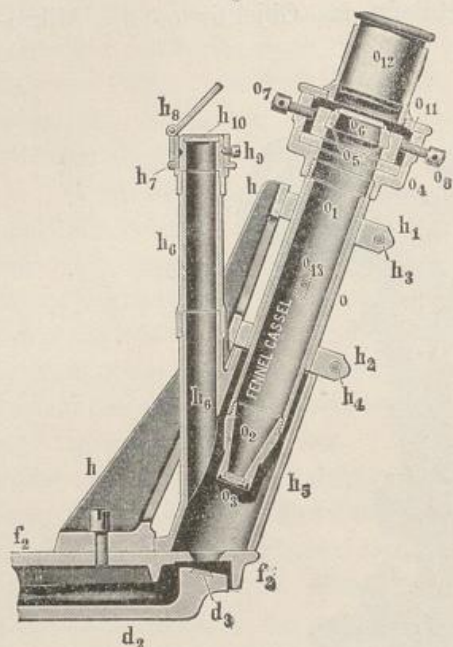
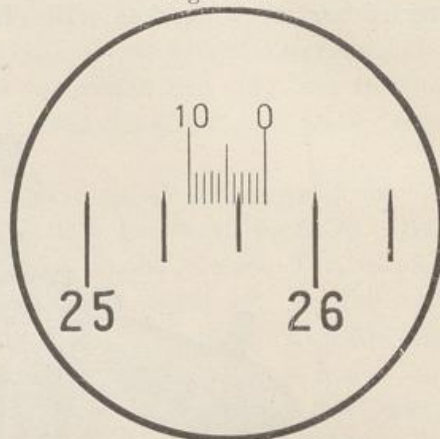


Fig. 216 a.



Rohres o ist der Okularkopf aufgeschraubt. Dieser trägt das Okular (Lupe) o_{12} , verschiebbar in einer Hülse, die auf einem Ringe o_{11} des Okularkopfes aufsitzt, und eine Doppelschlitten-Blende o_5 , auf deren oberen Schlitten ein Glasplättchen o_6 mit

der Ablese-Teilung, der „Ablese-Skala“ befestigt ist. Vier Richtschrauben o_7, o_8, o_9, o_{10} , von denen in Figur 216 nur die beiden ersten sichtbar sind, dienen dazu, der Skala die richtige Stellung zur Teilung des Limbus zu geben (s. u.)

Die Skala des Glasplättchens o_6 und die Kreisteilung ist, wie sie dem Beobachter im Mikroskop erscheint, in der Figur 216a dargestellt. Erstere ist zehnteilig und muß sich in ihrer Gesamtlänge genau mit dem Abstände zweier Kreisteilstriche decken. Der Limbus ist in $\frac{1}{3}^\circ = 20'$ geteilt, so daß Zehntel eines Limbusteiles, also Doppel-Minuten, unmittelbar abgelesen und Zehntel-Doppel-Minuten geschätzt werden können. Die Bildung des Mittels aus den Ableseungen der beiden Mikroskope (s. Spalte 3 und 4 des Winkelbuches S. 122) erfolgt durch Addition der abgelesenen Doppel-Minuten (d) und Zehntel-Doppel-Minuten.

Beispielsweise gibt die Ableseung in der Figur 216a:

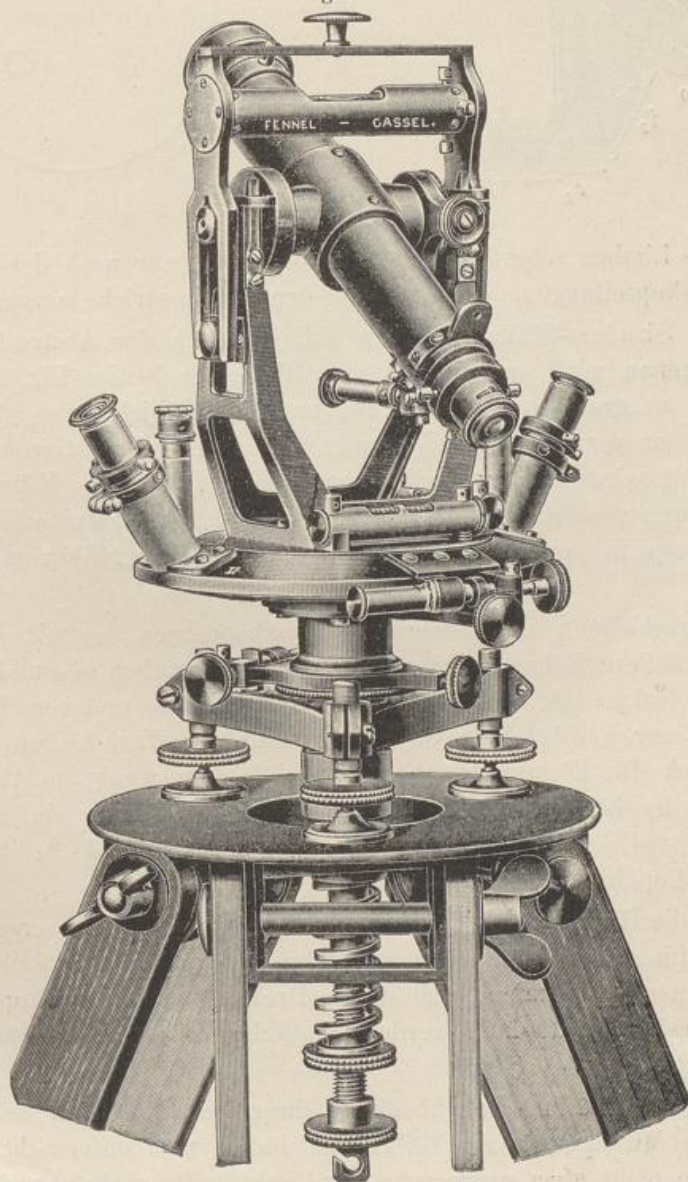
25° 23,4d	
Wäre in dem anderen Mikroskop des Theodolits abgelesen	23,5d
	25° 46,9
so ist der gesuchte Wert	25° 46' 54"
oder	
da $0,1' = 6''$.	

Bei der Ableseung ist zu beachten, daß die Bezifferung der Kreisteilung von links nach rechts, die Bezifferung der Mikroskop-Skala von rechts nach links verläuft (Fig. 216a).

Die Einrichtung der „Nonien-Mikroskop-Theodolite“ ist fast die gleiche wie vor; die Mikroskope sind etwas kürzer, wie aus der Figur 217 und dem Längsschnitt durch das Mikroskop (Fig. 217a) zu ersehen ist. Ein Glas-

plättchen n_8 der Fig. 217 a trägt gemäß der Fig. 218 die Teilung eines Nonius, der bei einer Kreisteilung von $\frac{1}{12}^\circ = 5'$ eine unmittelbare Ablesung von $\frac{1}{2}' = 30''$ zuläßt. Der Fig. 218 ist die Einstellung zu $162^\circ 11' 30''$ leicht zu entnehmen. Die Striche der Nonien greifen etwas über die Limbusstriche hinweg, wodurch eine sehr scharfe Ablesung ermöglicht wird. Diese ist auch viel zuverlässiger und strengt das Auge weit weniger an als der Nonius der gewöhnlichen Art (s. Fig. 100). Dazu ist das Gesichtsfeld des Mikroskop-Nonius wegen seiner Kürze übersichtlicher als das der sonstigen Nonien, so daß die Arbeit schneller von statten geht.

Fig. 217.



Bei Verwendung der Mikroskop-Ablesevorrichtungen ist zunächst darauf zu achten, daß die Teilung auf dem Glasplättchen möglichst scharf zu sehen ist,

Schewior, Feldmessen I.

Man sorgt durch den Reflektor (h_8 der Fig. 215 a bzw. v_2 der Fig. 217 a) dafür, daß die Skala bzw. der Nonius gut hell erscheint und verschiebt das Okular (o_{12} bzw. n_{10}) entsprechend dem Auge des Beobachters, bis das Bild der Teilung völlig deutlich erscheint. Sind dann in dem Mikroskope gleichzeitig auch die

Fig. 217 a.

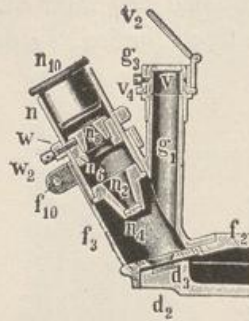
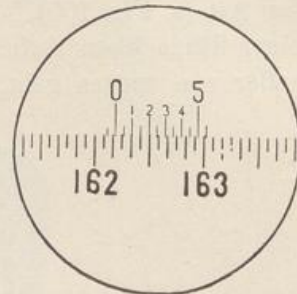


Fig. 218.



Teilstriche des Limbus scharf zu sehen, so bedarf es nur noch der Untersuchung, ob die Mikroskopteilungen dem Abstände der Limbusstriche entsprechen.

Bei den Skalen-Mikroskopen muß hiernach der Abstand der Limbusstriche sich genau mit der zur Ablesung dienenden Skala (Fig. 216 a) decken. Ist die Skala zu groß, so ist die Entfernung des Objektivs o_3 (Fig. 216) von der Skala o_6 zu vergrößern, indem man das innere Objektivrohr nach unten schiebt. Damit wird aber auch die scharfe Einstellung des Mikroskops gegen die Limbusteilung gestört, und diese wird nur dadurch wieder erhalten, daß das ganze Mikroskop in den Ringansätzen h_1 und h_2 (Fig. 216) vom Limbus entfernt wird.

Die Verschiebung des inneren Mikroskoprohres o_1 mit dem Objektiv o_3 gegen das äußere Rohr o wird mit Hilfe der Schrauben o_{13} und o_{14} bewerkstelligt. Man löckert die Schrauben, faßt an ihre Köpfe und verschiebt das Rohr vorsichtig bis zur gewünschten Stellung. Geht das Verschieben sehr schwer, dann sind auch die Klemmschrauben h_3 und h_4 ein wenig zu lüften, da die Ringe h_1 und h_2 beide Rohre o_1 und o umschließen und sie gegeneinander pressen. Bei vollständiger Lösung der Schrauben h_3 und h_4 läßt sich das ganze Mikroskop hin- und herschieben.

Stimmt die Teilung des Limbus mit der Skala überein, erscheinen Skala und Limbusteilung dem Auge völlig scharf und verlaufen die Striche der Skala parallel zu denen des Limbus, was durch Drehung des Mikroskopes um seine Längsachse erreicht wird, dann werden sämtliche vorher gelockerten Schrauben wieder angezogen.

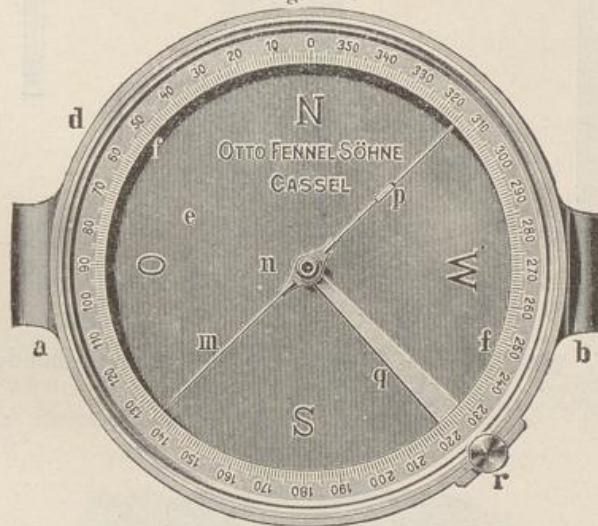
Eine weitere Prüfung betrifft die Stellung der Skalen in den beiden Mikroskopen zum Mittelpunkte des Teilkreises, indem man untersucht, ob von den Skalen die eine nicht etwa weiter von der Limbusteilung absteht als die andere. Eine Abweichung wird durch Verschieben des Schlittens mit der Skala unter Benutzung der Richtschrauben o_7 und o_8 beseitigt, derart, daß die Striche beider

Skalen gleichmäßig ein wenig in die Limbusteilung eingreifen, wie der Abbildung Fig. 216 a zu entnehmen ist.

Schließlich ist festzustellen, ob die Lage der beiden Skalen einem Winkelunterschied von 180° entspricht. Stellt man hierzu das Mikroskop I mit dem Nullstrich der Skala auf Null der Limbusteilung und liest am Mikroskop II einen gegen 180° unterschiedlichen Winkelwert ab, so ist die Skala tangential zur Limbusteilung mittels der Richtschrauben o_9 und o_{10} (in der Fig. 216 nicht sichtbar) um diesen Betrag zu verschieben.

9. Theodolit mit Busssole. Für die Ermittlung der magnetischen und hierdurch auch der astronomischen Nordrichtung (s. S. 89 usw.) wird dem Theodolit eine Busssole beigefügt, entweder in Gestalt einer „Büchsenbusssole“, bei der die Magnetnadel in einem vollen Teilkreise schwingen kann, oder aber als „Kastenbusssole“, die zur Orientierung des Teilkreises vollständig ausreicht und nur mit je einer Strichmarke für die beiden Nadelenden versehen ist.

Fig. 219.



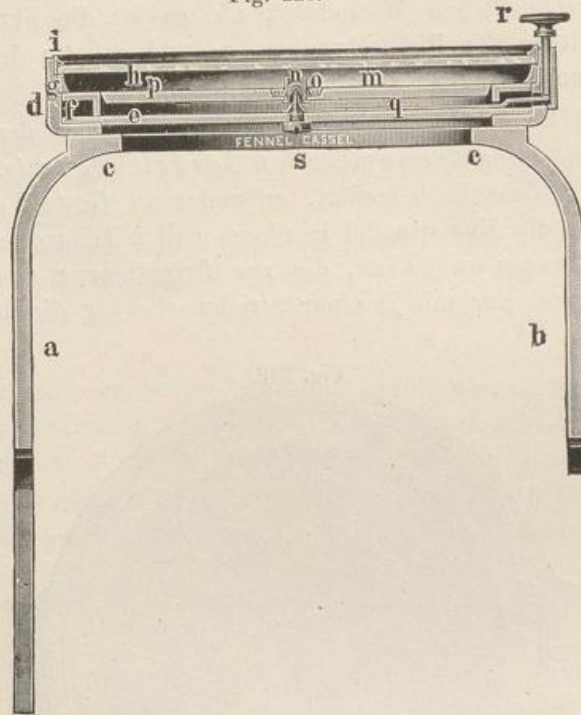
Die Bussolen werden in der Regel erst beim Gebrauche auf die Kippachse des Fernrohres aufgesetzt und sind zweckmäßig so eingerichtet, daß die Verbindungslinie der Teilstriche 0° bis 180° der „Büchsenbusssole“ bzw. der beiden Strichmarken der „Kastenbusssole“ nahezu in der Kippebene oder nahezu parallel zur Kippebene des Fernrohres verläuft.

a) Büchsenbusssole. Die Figuren 219, 220 und 221 zeigen die Aufsicht, den Schnitt und die Ansicht einer Büchsenbusssole. Die Busssole wird auf der Kippachse des Fernrohres mittels der Füße a und b (Fig. 220) aufgesetzt, siehe Fig. 221. Der Fuß a ist länger als der Fuß b und umschließt mit seinem unteren gabelförmigen Ende ein am Fernrohrträger befestigtes rundes Führungstück (Fig. 221), das ein Kippen der Busssole auf der Achse des Fernrohres verhindert.

Die Füße a und b sitzen an einem Ringe c (Fig. 220), auf dem die Büchse d der Busssole aufgeschraubt ist. In letztere ist die Bodenplatte e

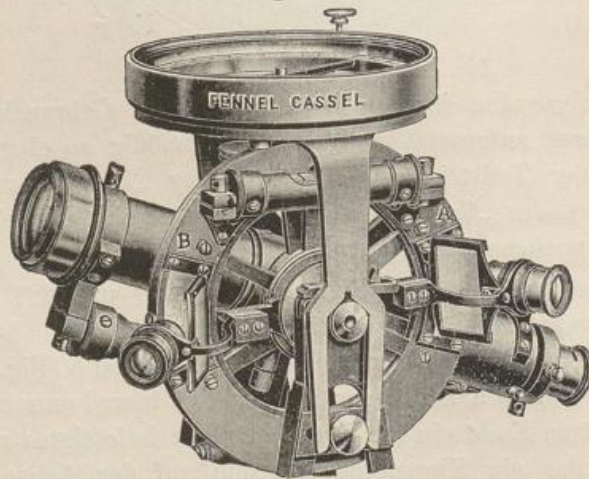
(Fig. 219 und 220) eingepaßt, ferner der Teilkreis f sowie die beiden Ringe g und i als Auflage und Befestigung des Deckglases h. Die „Pinne“ s ist zentrisch zum Teilkreise in den Boden eingeschraubt und trägt die Magnetnadel m. Diese ruht auf der Pinne mittels des Hütchens n, das in einer Fassung o an-

Fig. 220.



gebracht ist. Die Höhlung des meist aus Achat bestehenden Hütchens ist trichterförmig ausgeschliffen und sorgfältig poliert.

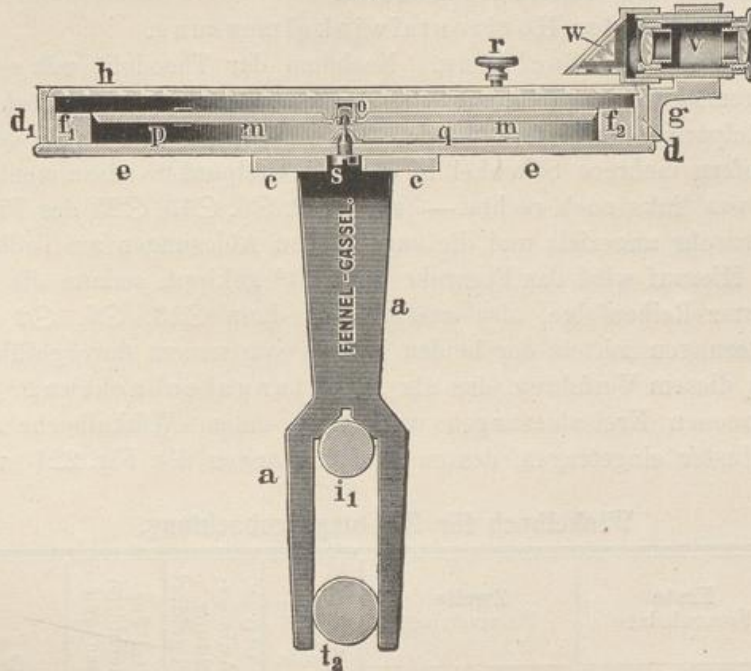
Fig. 221.



Die Magnetnadel ist hochkantig gestellt, wodurch eine erwünschte Dämpfung der Schwingungen und mit den dünnen in eine stumpfe Spitze auslaufenden Enden eine scharfe Ablesung an dem in Grade geteilten Teilkreise erreicht wird.

Das Südende der Nadel trägt ein verschiebbares kleines Gewicht p (Fig. 219), mit dem das Gleichgewicht der Nadel gegenüber der „Inklination*“) hergestellt wird.

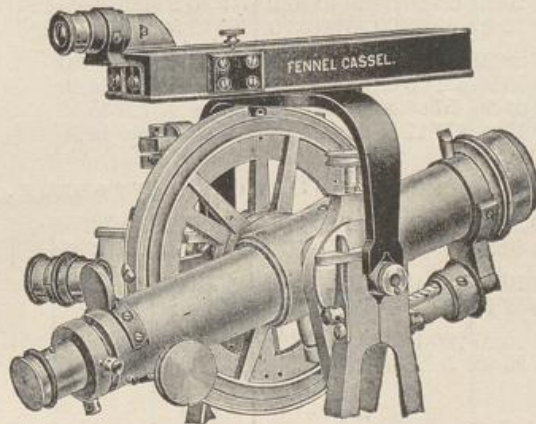
Fig. 222.



Wenn die Magnetnadel außer Gebrauch ist (s. a. S. 87), wird sie durch den federnden doppelarmigen Hebel q mittels der Druckschraube r von der Pinne gehoben und sanft an das Deckglas gedrückt.

β) Kastenbussole (Fig. 222 und 223). Die Aufsatzvorrichtung und die wesentlichen Bestandteile sind die gleichen wie bei der Büchsenbussole.

Fig. 223.



Auf dem Boden e des länglichen Metallkastens, der durch das Fenster h geschlossen ist, befinden sich die beiden Metallklötzchen f_1 und f_2 , deren ver-

*) „Inklination“ ist die Abweichung der Magnetnadel von der horizontalen Ebene.

silberte Oberflächen je eine feine Strichmarke tragen. Zur genauen Einstellung der Magnetnadel vom Okular des Fernrohrs aus (Fig. 223) ist über dem Südeude der Nadel ein rechtwinkliges Glasprisma w (s. a. S. 91) und eine Lupe v (s. S. 104) mittels des Halters g angebracht.

10. Methoden der Horizontalwinkelmessung.

α) Richtungsbeobachtung. Nachdem der Theodolit mit seiner Alhidadenachse gemäß den Angaben auf Seite 106 usw. zentrisch und lotrecht über dem Winkelscheitelpunkte aufgestellt worden ist, werden die Endpunkte der Winkelschenkel, sofern mehrere Schenkel in dem Scheitelpunkte zusammentreffen, der Reihe nach von links nach rechts — (z. B. ⊙2, ⊙6, ⊙13, ⊙25 der Fig. 224) — mit dem Fernrohr angezielt und die zugehörigen Ablesungen am Teilkreise vorgenommen. Hierauf wird das Fernrohr um 180° gekippt, sodann die Zielpunkte in umgekehrter Reihenfolge, also zuerst ⊙25, dann ⊙13, ⊙6, ⊙2 eingestellt und die Ablesungen mittels der beiden Nonien von neuem durchgeführt.

Die in diesem Verfahren, das als „Richtungsbeobachtung“ bezeichnet wird, gewonnenen Kreisablesungen werden in einem Winkelbuche von nachstehendem Muster eingetragen, dessen Aufzeichnungen der Fig. 224 entsprechen.

Winkelbuch für Richtungsbeobachtung.

Standpunkt	Zielpunkt	Erste Fernrohrlage			Zweite Fernrohrlage			Mittel aus Spalte 5 u. 8	Auf 0° 0' 0" der Anfangsrichtung zurückgeführt	Mittel der wiederholten Messungen	Bemerkungen
		Nonius I	Nonius II	Mittel	Nonius I	Nonius II	Mittel				
		o' " "	o' " "	o' " "	o' " "	o' " "	o' " "				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1. Richtungsbeobachtung zu Fig. 224.

1. Messung	⊙1	⊙2	22 44 00	44 00 44 00	202 43 40	44 20 44 00	22 44 00	0 00 00	0 00 00	Beobachtet mit einem Theodoliten von Fennel-Cassel. Noniuseinheit a = 20"
	⊙6	84 10 40	10 20 10 30	264 10 00	10 20 10 10	84 10 20	61 26 20	61 26 30		
	⊙13	149 20 00	20 40 20 20	329 20 00	20 40 20 20	149 20 20	126 36 20	126 36 08		
2. Messung	⊙25	269 32 40	32 40 32 40	89 33 00	33 00 33 00	269 32 50	246 48 50	246 48 50		
	⊙2	110 28 20	28 20 28 20	290 28 40	29 00 28 50	110 28 35	0 00 00			
	⊙6	171 55 00	55 40 55 20	351 55 00	55 20 55 10	171 55 15	61 26 40			
	⊙13	237 04 40	04 20 04 30	57 04 40	04 20 04 30	237 04 30	126 35 55			
	⊙25	357 17 00	17 40 17 20	177 17 20	17 40 17 30	357 17 25	246 48 50			

2. Winkelmessung zum offenen Polygonzug, Fig. 180.

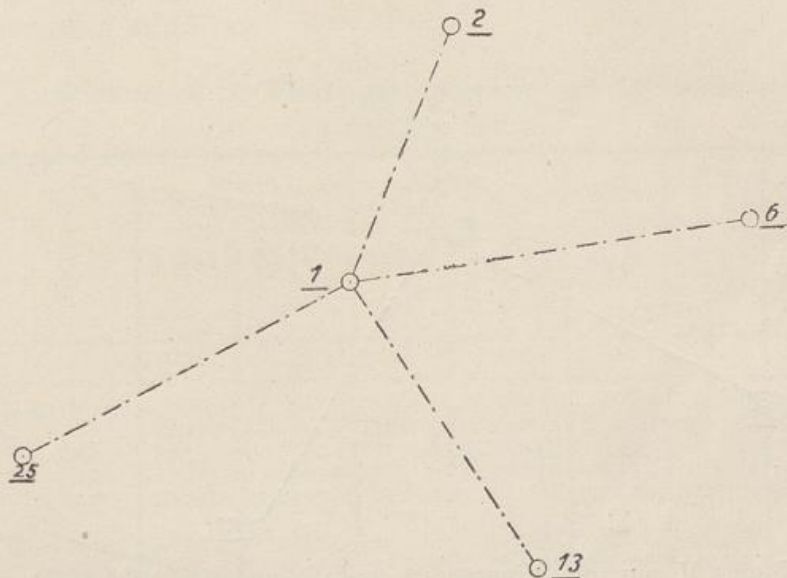
⊙2	⊙1	12 21 20	21 40 21 30	192 21 00	21 20 21 10	12 21 20	0 00 00	Polygonseiten: ⊙1—⊙2 = 127,97
	⊙3	279 40 40	40 20 40 30	99 40 50	40 50 40 50	279 40 40	267 19 20	
⊙3	⊙2	45 10 20	10 00 10 10	225 10 40	10 20 10 30	45 10 20	0 00 00	⊙2—⊙3 = 133,07
	⊙4	127 52 00	52 20 52 10	307 52 40	52 20 52 30	127 52 20	82 42 00	
⊙4	⊙3	100 10 20	10 20 10 20	280 10 40	10 40 10 40	100 10 30	0 00 00	⊙3—⊙4 = 146,51
	⊙5	230 25 20	25 40 25 30	50 25 40	25 40 25 40	230 25 35	130 15 05	

⊙4—⊙5 = 139,90
übernommen aus d. Winkelbuch S. 84.

In der Regel wird man zur Erhöhung der Genauigkeit der Winkelmessung und zum Schutze gegen Ablesefehler eine nochmalige Beobachtung anordnen, wie aus dem obigen Winkelbuche für die Figur 224 zu entnehmen ist.

Steht nur ein „einfacher Theodolit“ (Fig. 197) zur Verfügung, so wird nach Lüftung der Spiralfeder an der Schraubenstange das Instrument auf dem festbleibenden Stativ um etwa 90° gedreht und nach lotrechter wie zentrischer Einstellung der Alhidadenachse und Spannung der Spiralfeder von neuem in der

Fig. 224.



oben angegebenen Weise beobachtet. Dagegen wird bei einem „Repetitions-theodoliten“ nur die Klemmschraube d_7 (Fig. 199) für den Teilkreis gelöst, die Alhidade bei festgespannter Klemmschraube e_3 (Fig. 206) um 90° gedreht, hierauf die Klemmschraube d_7 wieder angezogen und nach Ueberprüfung der lotrechten Stellung der Alhidadenachse die zweite Beobachtung vorgenommen.

Die Art der Eintragung der Winkelmessergebnisse ist deutlich aus dem Winkelbuche (S. 118) zu ersehen. Zu bemerken ist nur, daß die Spalte 10 (s. a. S. 92) durch Abzug des Mittels (Spalte 9) der ersten Schenkelrichtung von den anderen Richtungen entstanden ist. Hierdurch wird erstere zu $0^\circ 00' 00''$ erhalten, und man kann die 2. Messung (siehe das Winkelbuch) und die 1. Messung leicht in einem endgültigen Mittel (Spalte 11) zusammenfassen. Aus der Spalte 11 läßt sich dann jeder Winkel durch entsprechenden Abzug entnehmen. Beispielsweise ist

Fig. 224 a.

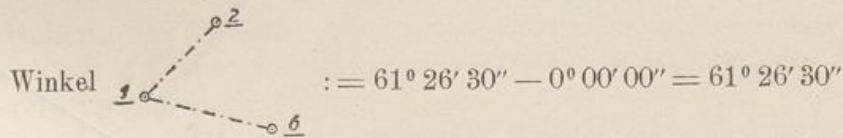
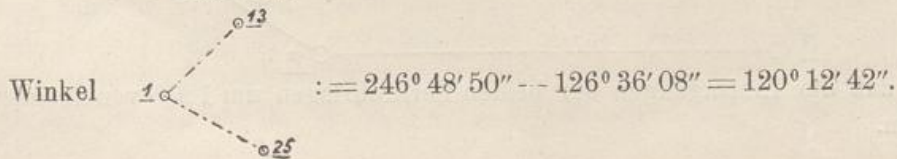
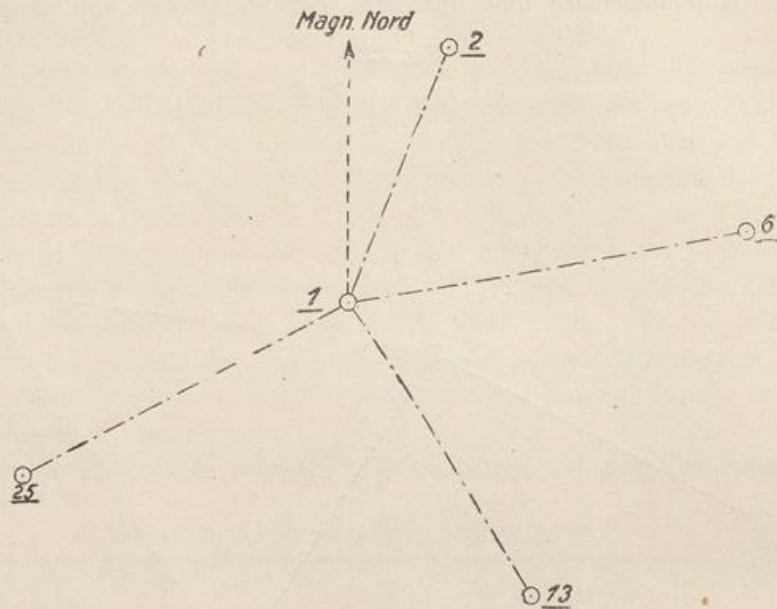


Fig. 224 b.



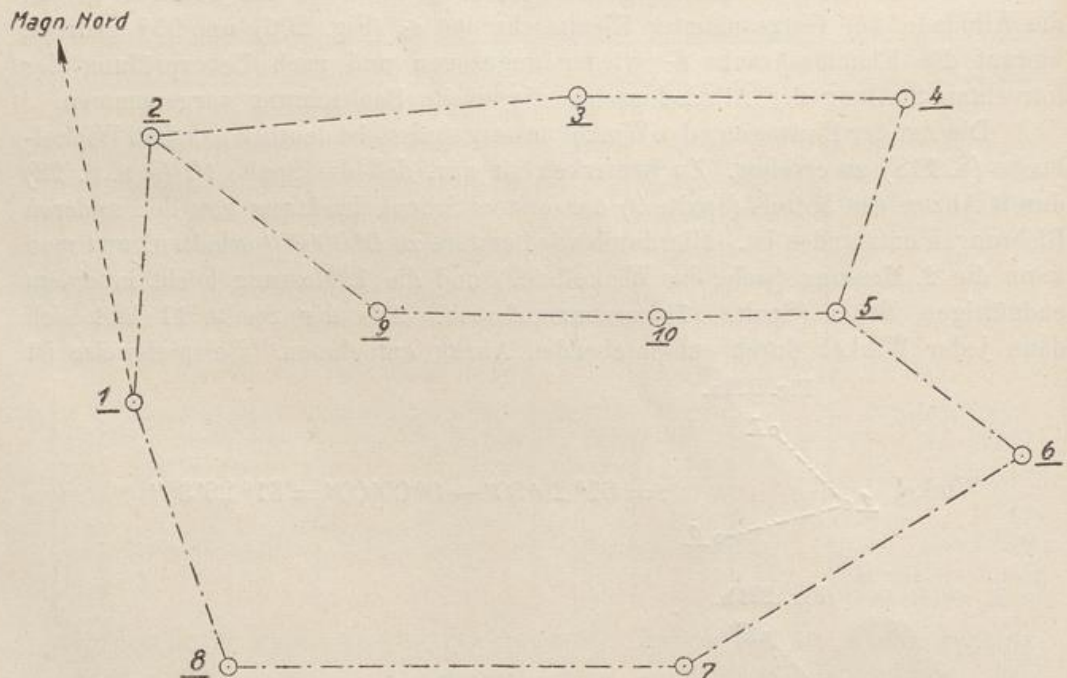
Für die Mittelbildung in Spalte 9 werden die Gradzahlen einer Fernrohr-
lage, etwa der ersten, beibehalten; aus dem Winkelbuche ist auch ersichtlich,

Fig. 225.



daß am Nonius II nur die Minuten (') und Sekunden (") abgelesen und einge-
tragen werden. Eine Probe für die richtige Ablesung der Grade (°) besteht

Fig. 226.



darin, daß die Eintragungen der beiden Fernrohr-
lagen um 180° voneinander ab-
weichen.

Soll gleichzeitig mit der Winkelmessung die magnetische Nordrichtung durch die Büchsen- oder Kastenbussole festgelegt werden, so wird für die erste Ablesung am Teilkreis die Richtung „Magn. Nord.“ (Magnetische Nordrichtung) eingestellt, indem man die Magnetonadel auf 0° der Büchsenbussole oder auf eine Strichmarke der Kastenbussole durch vorsichtige Drehung der Alhidade genau einspielen läßt. Die obige Winkelmessung würde hiernach folgendermaßen ausfallen:

Winkelbuch für Richtungsbeobachtung mit Büchsenbussole.
(Zu Fig. 225 und 224).

Standpunkt	Zielpunkt	Erste Fernrohrlage			Zweite Fernrohrlage			Mittel aus Spalte 5 u. 8	Auf 0° 0' 0" d. Anfangsrichtung zurückgeführt	Mittel der wiederholten Messungen	Bemerkungen
		Nonius I	Nonius II	Mittel	Nonius I	Nonius II	Mittel				
		o' " "	o' " "	o' " "	o' " "	o' " "	o' " "				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Mes- sung	⊙1 Magn. Nord.	2 05 00	05 20	05 10	182 05 40	05 20	05 30	2 05 20	0 00 00	0 00 00	
	⊙2	22 44 00	44 00	44 00	202 43 40	44 20	44 00	22 44 00	20 38 40	20 35 38	
	⊙6	84 10 40	10 20	10 30	264 10 00	10 20	10 10	84 10 20	82 05 00	82 02 08	
	⊙13	149 20 00	20 40	20 20	329 20 00	20 40	20 20	149 20 20	147 15 00	147 11 45	
	⊙25	269 32 40	32 40	32 40	89 33 00	33 00	33 00	269 32 50	267 27 30	267 24 28	
2. Mes- sung	⊙1 Magn. Nord.	89 55 40	55 40	55 40	269 56 00	56 40	56 20	89 56 00	0 00 00	0 00 00	
	⊙2	110 28 20	28 20	28 20	290 28 40	29 00	28 50	110 28 35	20 32 35		
	⊙6	171 55 00	55 40	55 20	351 55 00	55 20	55 10	171 55 15	81 59 15		
	⊙13	237 04 40	04 20	04 30	57 04 40	04 20	04 30	237 04 30	147 08 30		
	⊙25	357 17 00	17 40	17 20	177 17 20	17 40	17 30	357 17 25	267 21 25		

Die für die Zielpunkte ⊙2, ⊙6, ⊙13 und ⊙25 in Spalte „Mittel aus allen Beobachtungen“ berechneten Mittel ergeben direkt die auf Seite 89 genannten „Magnetischen Richtungswinkel“ M, unter Berücksichtigung der „Mißweisung“ (s. S. 86) weiter auch die „Astronomischen Richtungswinkel“ A.

Bei Verwendung einer „Kastenbussole“ kann, wie leicht einzusehen ist, nur in einer Fernrohrlage eingestellt und abgelesen werden.

Als größeres Beispiel der Richtungsbeobachtung möge die im folgenden Winkelbuche eingetragene Polygonwinkelmessung für Fig. 226 gelten. Sie ist für die auf Seite 78 zur Tafel II beschriebene Polygonaufnahme durchgeführt und auf dem Polygonpunkte ⊙1 gegen die magnetische Nordrichtung orientiert. Die Messung ist auf jedem Polygonpunkte nur einmal vorgenommen worden. In Spalte „Bemerkungen“ ist, wie früher (S. 85), die Längenmessung der Polygonseiten eingetragen.

β) Repetitionsmessung. Zur Messung eines Winkels durch „Repetition“ ist ein Repetitionstheodolit (S. 97) erforderlich. Das Fernrohr des zentrisch und lotrecht gestellten Theodolits wird zunächst auf den Zielpunkt des linken Schenkels L (Fig. 227) eingestellt; der an den beiden Nonien abgelesene und gemittelte Wert sei zu l_1 gefunden. Hierauf wird nach dem rechten Schenkel R gezielt, wo gleichfalls die Ablesung erfolgt und zwar zu r_1 , so daß der ge-

Winkelbuch zur Polygonaufnahme.
(Tafel II und Fig. 226.)

Standpunkt	Zielpunkt	Erste Fernrohrlage				Zweite Fernrohrlage				Mittel aus Spalte 5 und 8		Auf (o) der Anfangsrichtung zurückgeführt	Mittel der wiederholten Messungen	Bemerkungen
		Nonius I	Nonius II	Mittel	"	Nonius I	Nonius II	Mittel	"	9	10			
⊙1	Magn. Nord.	14 10 00	10 20 10	10 10 10	194 10 00	10 20 10	10 10 10	14 10 10	0	00 00				
⊙2	⊙2	29 02 40	02 40 02	02 40 02	209 02 00	02 40 02	02 20 02	29 02 30	14	52 20				
⊙8	⊙8	216 54 40	55 00 54	54 50	36 54 40	55 00 54	54 50	216 54 50	202	44 40				
⊙1	⊙1	25 05 00	05 20 05	05 10	205 05 20	05 40 05	05 30	25 05 20	0	00 00				
⊙3	⊙3	286 51 20	51 40 51	51 30	106 51 20	51 40 51	51 30	286 51 30	261	46 10				
⊙9	⊙9	330 08 20	08 40 08	08 30	150 08 40	09 00 08	08 50	330 08 40	305	03 20				
⊙2	⊙2	15 20 00	20 20 15	20 10	195 20 00	20 20 15	20 10	15 20 10	0	00 00				
⊙4	⊙4	200 24 40	25 00 24	24 50	20 24 40	25 00 24	24 50	200 24 50	185	04 40				
⊙3	⊙3	40 12 00	12 20 40	12 10	220 12 00	12 20 40	12 10	40 12 10	0	00 00				
⊙4	⊙4	327 23 00	23 20 23	23 10	147 23 00	23 20 23	23 10	327 23 10	287	11 00				
⊙5	⊙5	54 16 00	16 20 54	16 10	234 16 20	16 40 16	16 30	54 16 20	0	00 00				
⊙6	⊙6	169 00 40	01 00 00	00 50	349 01 00	01 20 01	01 10	169 01 00	114	44 40				
⊙10	⊙10	304 53 40	54 00 53	53 50	124 54 00	54 20 54	54 10	304 54 00	250	37 40				
⊙6	⊙6	65 27 20	27 40 65	27 30	245 27 20	27 40 65	27 30	65 27 30	0	00 00				
⊙7	⊙7	354 28 20	28 40 35	28 30	174 28 40	29 00 28	28 50	354 28 40	289	01 10				
⊙6	⊙6	100 25 00	25 20 100	25 10	280 25 20	25 40 25	25 30	125 25 20	0	00 00				
⊙8	⊙8	308 46 00	46 20 30	46 10	128 46 20	46 40 46	46 30	308 46 20	208	21 00				
⊙7	⊙7	95 27 20	27 40 95	27 30	275 27 20	27 40 95	27 30	95 27 30	0	00 00				
⊙1	⊙1	346 34 00	34 00 34	34 00	166 34 00	34 00 34	34 00	346 34 00	251	06 30				
⊙2	⊙2	151 17 00	17 20 15	17 10	331 17 00	17 20 15	17 10	151 17 10	0	00 00				
⊙10	⊙10	293 27 40	28 00 29	27 50	113 27 40	28 00 29	27 50	293 27 50	142	10 40				
⊙9	⊙9	23 15 00	15 20 23	15 10	203 15 20	15 40 23	15 30	23 15 20	0	00 00				
⊙5	⊙5	200 40 40	41 00 20	40 50	20 40 40	41 00 20	40 50	200 40 50	177	25 30				

Die „magnetische Mißweisung“ beträgt für den Ort, der Aufnahme nach S. 86 $d = 10,9^\circ = 10^\circ 54' 00''$. Demnach ist (s. S. 90 u. 147) $A = \alpha = 14^\circ 52' 20'' - 10^\circ 54' 00'' = 3^\circ 58' 20''$. Die Winkel sind beobachtet mit einem Theodoliten von Breithaupt u. Sohn in Cassel. Nonuseinheit $a = 20''$.

Polygonseitenmessung:

- ⊙1 — ⊙2 = 85,54 ⊙7 — ⊙8 = 147,28
- ⊙2 — ⊙1 = 85,62 ⊙8 — ⊙7 = 145,36
- Mittel = 85,58 Mittel = 145,32
- ⊙2 — ⊙3 = 134,72 ⊙8 — ⊙1 = 89,10
- ⊙3 — ⊙2 = 134,76 ⊙1 — ⊙8 = 89,12
- Mittel = 134,74 Mittel = 89,11
- ⊙3 — ⊙4 = 102,00 ⊙2 — ⊙9 = 92,40
- ⊙4 — ⊙3 = 102,08 ⊙9 — ⊙2 = 92,52
- Mittel = 102,04 Mittel = 92,46
- ⊙4 — ⊙5 = 70,84 ⊙9 — ⊙10 = 88,58
- ⊙5 — ⊙4 = 70,86 ⊙10 — ⊙9 = 88,62
- Mittel = 70,85 Mittel = 88,60
- ⊙5 — ⊙6 = 80,39 ⊙10 — ⊙5 = 54,33
- ⊙6 — ⊙5 = 80,43 ⊙5 — ⊙10 = 64,34
- Mittel = 80,41 Mittel = 54,34
- ⊙6 — ⊙7 = 119,92
- ⊙7 — ⊙6 = 120,00
- Mittel = 119,96

messene Winkel sich zu $\alpha = r_1 - l_1$ ergibt. Nun wird nach Festklemmung der Alhidade und Lösung der Limbusklemme das Fernrohr durch linksläufige Drehung der Limbus samt Alhidade auf L zurückgeführt, hier der Limbus geklemmt, die Alhidadenklemme gelöst, das Fernrohr nach rechts geführt, auf R eingestellt, wo die Ablesung r_2 den Winkel α noch einmal und zwar nach $\alpha = r_2 - r_1$ oder auch nach $\alpha = \frac{r_2 - l_1}{2}$ ergeben würde. Die Ablesung r_2 erfolgt aber nur für den Fall, daß der Winkel durch zweimalige „Repetition“ gemessen werden soll. Der Vorgang wird jedoch meistens öfter wiederholt, wodurch schließlich die letzte Ablesung (bei R) minus der ersten Ablesung (bei L), dividiert durch die Anzahl der Wiederholungen, den gesuchten Winkel in der einen Fernrohrlage angibt.

Zur Messung in der zweiten Fernrohrlage wird das Fernrohr um 180° gekippt und mit der Alhidade bei unverändertem Limbus auf den Schenkel R eingestellt, hierauf wird an den beiden Nonien abgelesen. Die weiteren Einstellungen erfolgen nun in umgekehrter Reihenfolge, also durch Drehung der Alhidade von rechts nach links, des Limbus von links nach rechts, und zwar in gleicher Anzahl der Wiederholungen wie in der ersten Lage des Fernrohrs. Die Ablesung auf L bei der erstmaligen Einstellung kann hier unterbleiben, dagegen sind am Schlusse bei der Einstellung auf L beide Nonien abzulesen.

Werden die Anfangs- und Schlußablesungen aus den beiden Fernrohrlagen für die Schenkel L und R zu M_l und M_r ermittelt, wird weiter ihre Differenz $M_r - M_l$ gebildet und durch die Zahl der Wiederholungen dividiert, so erhält man den gesuchten Winkel α (Fig. 227).

Fig. 227.

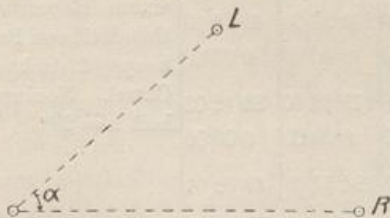
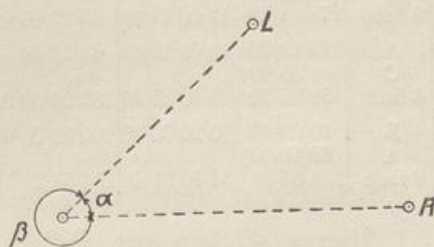


Fig. 228.



Die rasch sich vollziehende Repetitionsmessung eines Winkels kann 4 bis 8 mal vorgenommen werden, wodurch eine sehr genaue Messung des Winkels (auf einige Sekunden) erzielt wird, vorausgesetzt, daß der Theodolit gut zentrisch steht und die Fluchtstäbe an den Schenkelenden den Meßpunkt scharf bezeichnen. Um den Einfluß einer Abweichung des mit einem Fadenlote lotrecht gestellten Fluchtstabes von der wirklichen Lotrechten möglichst gering zu halten, werden die Fluchtstäbe hier, wie auch bei der „Richtungsbeobachtung“, unmittelbar über dem Erdboden angezielt.

Man sieht leicht ein, daß durch Messung der Ergänzung des Winkels α zu 360° , also des Winkels β in Figur 228, nicht nur eine Probe für die Richtigkeit der Beobachtung gewonnen, sondern auch die Genauigkeit gesteigert wird, wenn die Winkel α und β auf 360° abgeglichen werden.

Wäre nach Figur 228:

$$\begin{aligned}\alpha &= 301^{\circ} 05' 35'' \\ \beta &= 58^{\circ} 54' 11'' \\ \hline \alpha + \beta &= 359^{\circ} 59' 46''\end{aligned}$$

so ist die Differenz: $360^{\circ} - 359^{\circ} 59' 46'' = +14''$ zur Hälfte auf α und β zu verteilen, so daß die endgültigen Werte sich ergeben zu:

$$\begin{aligned}\alpha &= 301^{\circ} 05' 35'' + 7'' = 301^{\circ} 05' 42'' \\ \beta &= 58^{\circ} 54' 11'' + 7'' = 58^{\circ} 54' 18'' \\ \hline \alpha + \beta &= 360^{\circ} 00' 00''\end{aligned}$$

Beispiel. Für die Bestimmung einer Brückenweite nach Seite 59 und Figur 147 sind die Winkel α , β und γ je in 6facher Repetition zu messen. Die Eintragung der Beobachtung erfolgt im gleichen Muster der Richtungsbeobachtung, Seite 118, wie nachstehendes Winkelbuch zeigt.

Winkelbuch für Repetitionsmessung.

(Zu Fig. 147).

Standpunkt	Zielpunkt	Erste Fernrohrlage			Zweite Fernrohrlage			Mittel aus Spalte 5 u. 8	Auf 0° 0' 0'' der Anfangsrichtung zurückgeführt	Mittel der wiederholten Messungen	Bemerkungen
		Nonius I	Nonius II	Mittel	Nonius I	Nonius II	Mittel				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	C	25 17 00	17 00	17 00	205 17 40	17 20	17 30	25 17 15	0 00 00	0 00 00	Beobachtet mit einem Repetitions-theodolit von Breithaupt & Sohn in Cassel. Noniuseinheit a = 20"
	B	(66 56 00)									
	6 fach	275 11 20	11 00	11 10	95 12 00	12 00	12 00	275 11 35	249 54 20	41 39 03	
B	A	244 13 20	13 00	13 10	64 13 40	14 00	13 50	244 13 30	0 00 00	0 00 00	Beobachtet mit einem Repetitions-theodolit von Breithaupt & Sohn in Cassel. Noniuseinheit a = 20"
	C	(333 35 00)									
	6 fach	59 25 20	25 40	25 30	239 26 00	26 20	26 10	59 25 50	175 12 20	89 12 03	
C	B	40 00 40	00 20	00 30	220 01 20	01 40	01 30	40 01 00	0 00 00	0 00 00	Beobachtet mit einem Repetitions-theodolit von Breithaupt & Sohn in Cassel. Noniuseinheit a = 20"
	A	(89 10 00)									
	6 fach	334 54 04	54 40	54 40	154 55 20	55 40	55 30	334 55 05	294 54 05	49 09 01	

Hierzu sei bemerkt, daß in Spalte 2 die Anzahl der Repetitionen, hier „6fach“, vermerkt wird. Die für die „Erste Fernrohrlage“ in Spalte 3 eingeklammerte Ablesung gilt für die erste Einstellung auf dem rechten Schenkel. Sie dient zur Berechnung der ungefähren Größe des gesuchten Winkels, da bei größeren Winkeln oft zur letzten Ablesung das Vielfache von 360° hinzuge-rechnet werden muß. Für Punkt B des Dreiecks (Fig. 147) ist z. B. die ungefähre Winkelgröße $333^{\circ} - 244^{\circ} = 89^{\circ}$; das „6fache“ von 89° gibt 534° , da-raus folgt, daß zu dem nach Spalte 10 erhaltenen Winkelwerte $175^{\circ} 12' 20''$ ein Vollkreis = 360° zu addieren ist. Aus $\frac{175^{\circ} 12' 20'' + 360^{\circ}}{6} = \frac{535^{\circ} 12' 20''}{6}$ erhält man den endgültigen Wert zu $89^{\circ} 12' 03''$ der Spalte 11.