



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Das Feldmessen**

**Schewior, Georg**

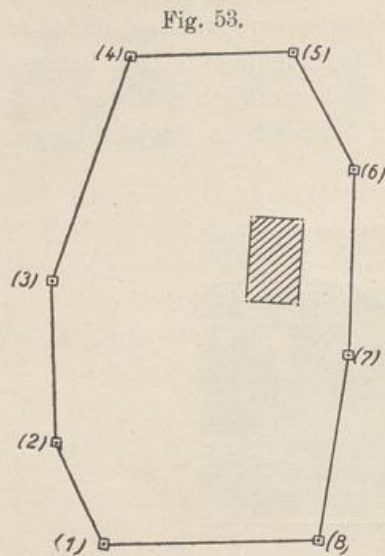
**Leipzig, 1915**

I. Einfache Linien-Aufnahme

---

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

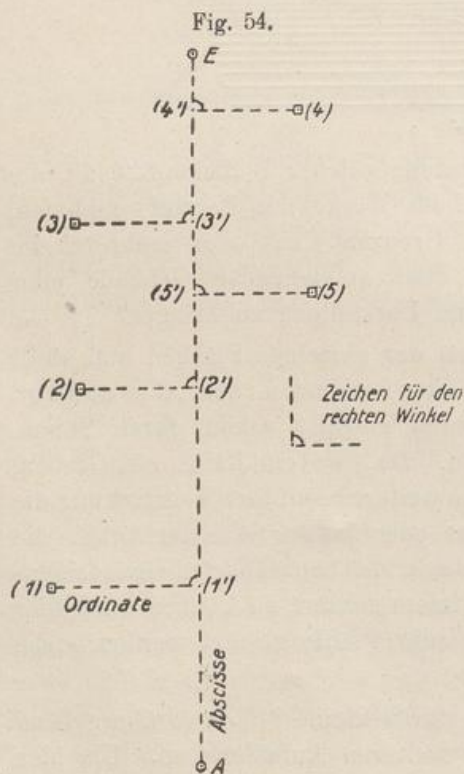
zeichnet man die Punkte mit den Nummern in eine kleine Skizze (Fig. 53) auf einem Blatt Schreibpapier, um hiernach das Feldbuch, von dem noch die Rede sein wird, vorzubereiten. Sind Gebäude und Bauwerke vorhanden, so sind auch diese mit wenigen Strichen zu skizzieren.



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.



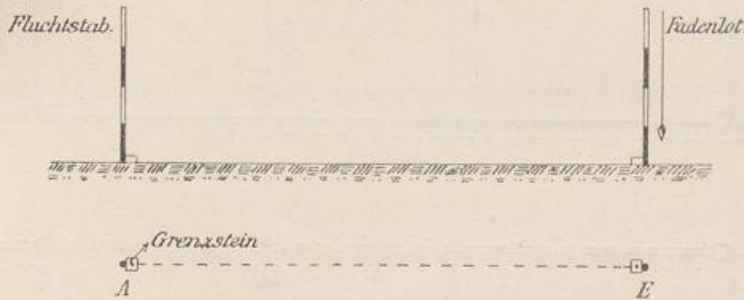
Werden auf eine gerade Linie A E (Fig. 54) von den Grenzpunkten (1), (2), (3) . . . die Senkrechten (1) (1'), (2) (2'), (3) (3') . . . gefällt, so nennt man diese die „Ordinaten“ und die Entfernungen A (1'), A (2'), A (3') . . ., vom Anfangspunkte A der Linie A E bis zu den Fußpunkten der betreffenden 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.

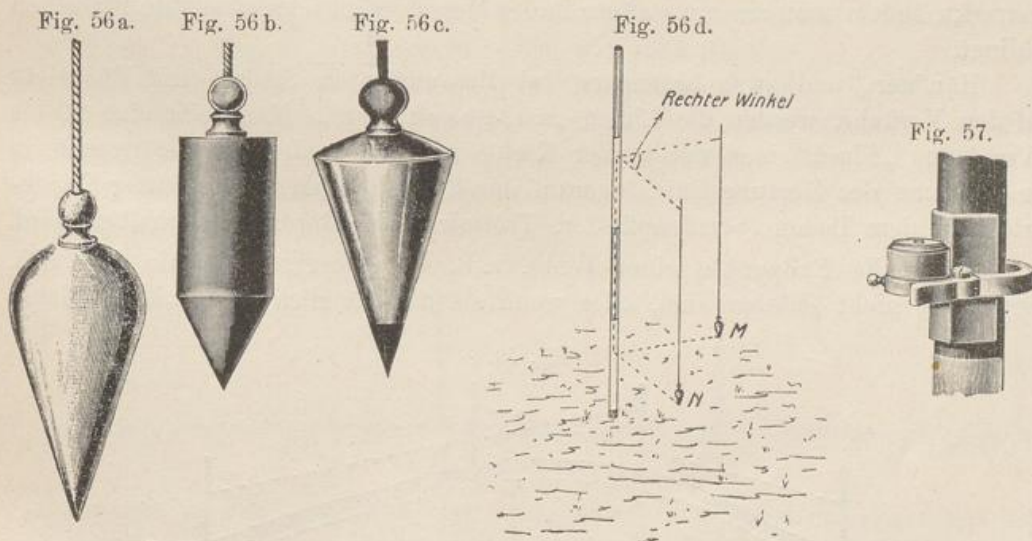
### 1. Absteckung der zu messenden Linie.

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.



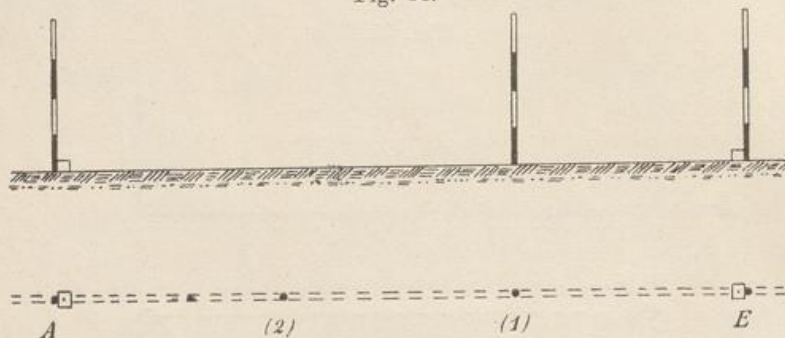
linien wenigstens durch 3 Stäbe „ausgesteckt“. Eine lotrechte Stellung der Fluchtstäbe wird hierbei mit Hilfe eines „Fadenlotes“ (s. Fig. 56a, b, c) herbeigeführt. Man geht in der Weise vor, daß man von zwei etwa senkrecht zueinander stehenden Stellungen (M und N) aus den Stab durch Zielen entlang der 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.



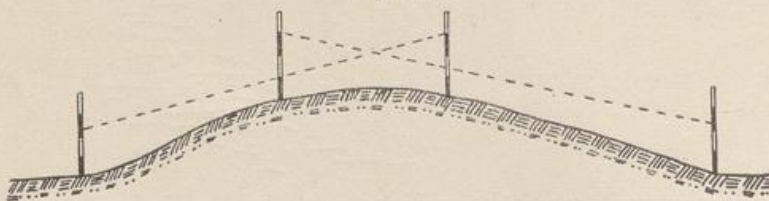
erneuten Prüfung seine Lage für richtig befunden, so wird in der gleichen Weise der Stab (2) usw. eingefluchtet. Den Abstand der einzelnen Stäbe wählt man etwa zu 30 bis 60 m.

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.

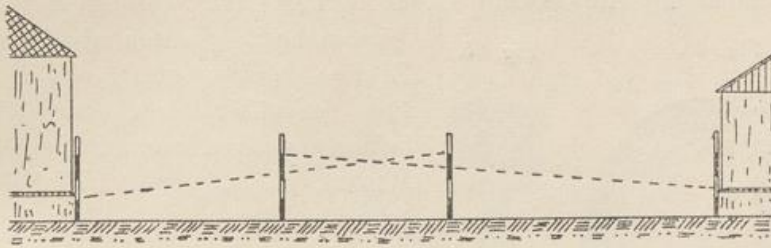
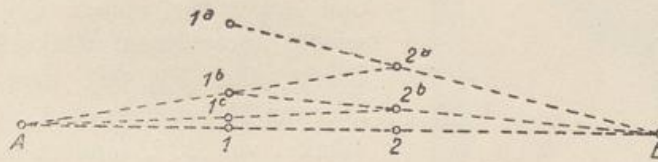


Fig. 61.



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  $90^\circ$  schneiden.

Fig. 63.

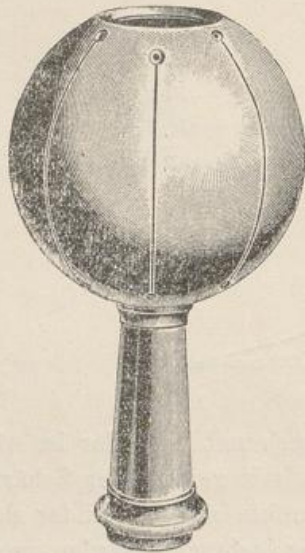


Fig. 65.



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

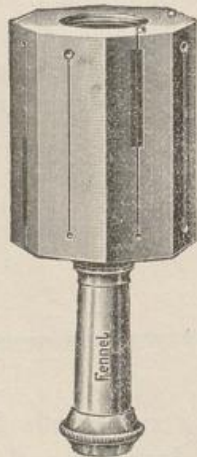
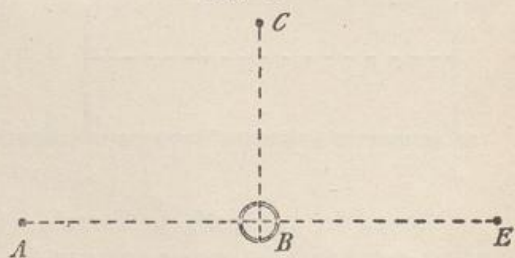


Fig. 66.



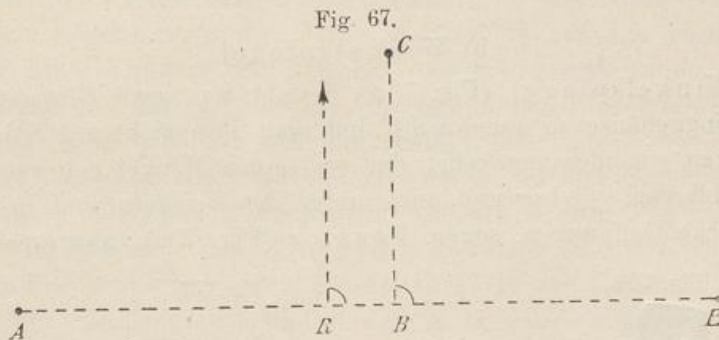
stellt werden, was mit Hilfe eines „Fadenlotes“ (Fig. 56) nach Seite 19 und Fig. 56d geschieht.

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.

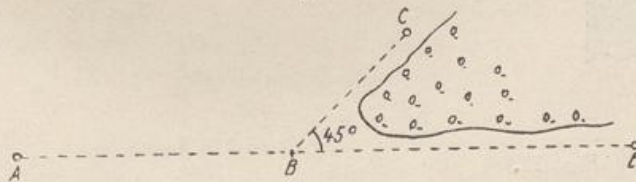
Bei der „Aufmessung“ liegt jedoch stets der Fall vor, den Fußpunkt der Ordinate auf der Abscissenlinie für gegebene Punkte zu bestimmen. Dann ist zunächst der Fußpunkt nach Augenmaß, etwa in  $R$  der Fig. 67, zu ermitteln. Stellt man sodann das Instrument in  $R$  auf, und fällt der Punkt  $C$  nicht 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  $45^\circ$ , die bisweilen für Aufmessungen (s. Seite 57), weniger für Absteckungen von Bedeutung ist, wird unter Benutzung der sich unter  $45^\circ$  schneidenden Visiervorrichtungen genau in der vorgeschriebenen Weise bewerkstelligt (s. Fig. 68).

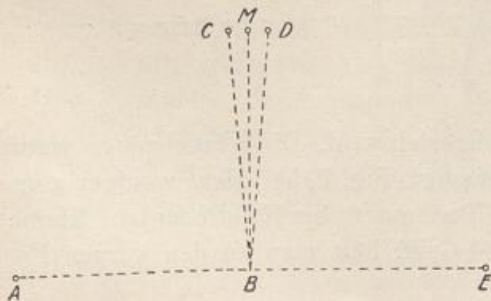
Fig. 68.



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  $90^\circ$ , so daß die Zielvorrichtungen vertauscht werden, und steckt noch einmal die Senk-

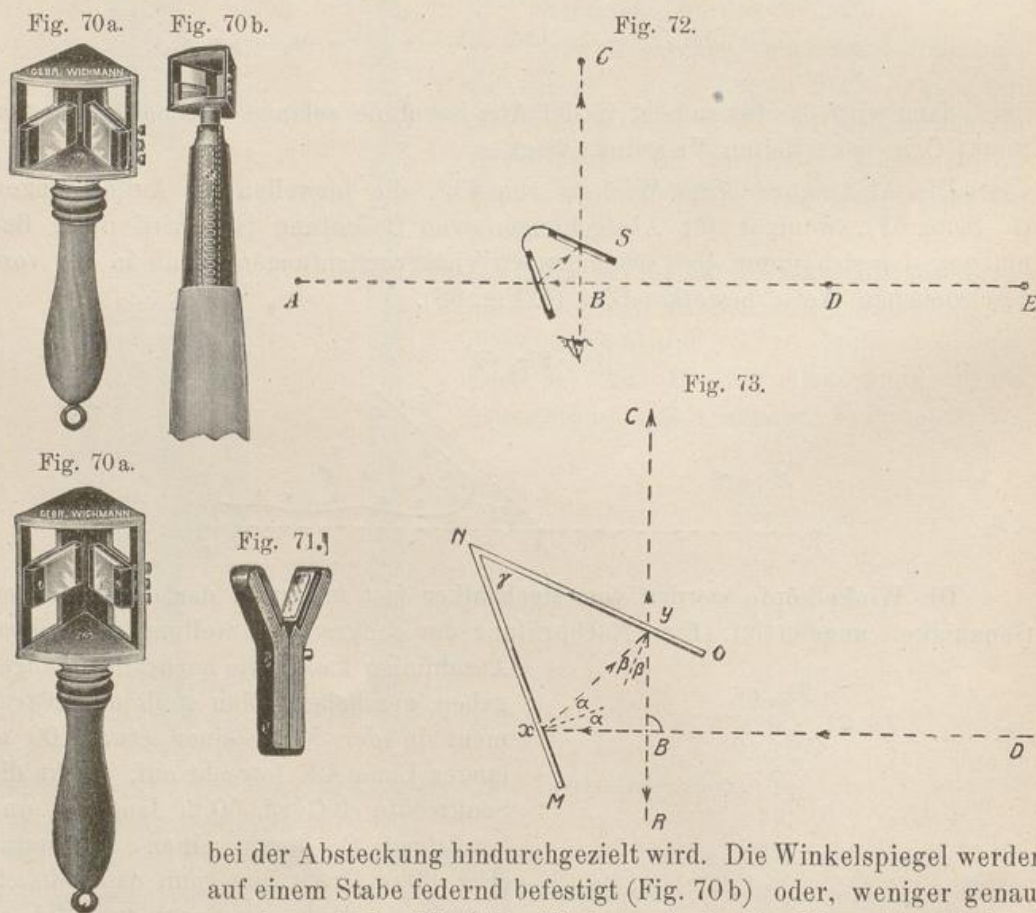
Fig. 69.



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  $45^\circ$  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 gesehenen 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  $45^\circ$  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  $90^\circ$  beträgt, wenn der Winkel M N O, wie oben angegeben,  $45^\circ$  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  $90^\circ$  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  $45^\circ$  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  $90^\circ$ ) 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.

$\alpha$ ) 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.

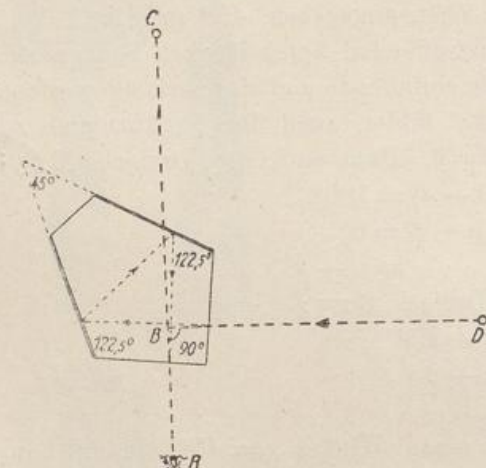
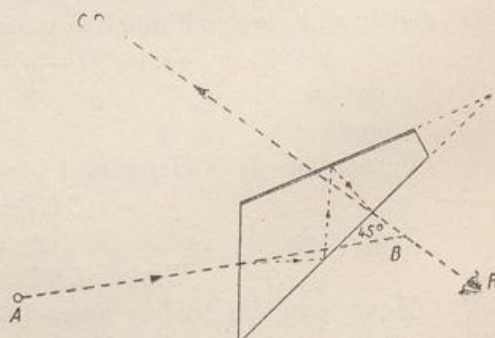


Fig. 77.



(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.

$\beta$ ) 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.

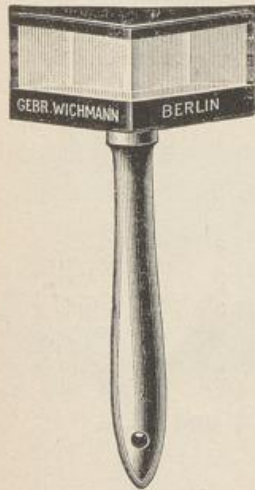
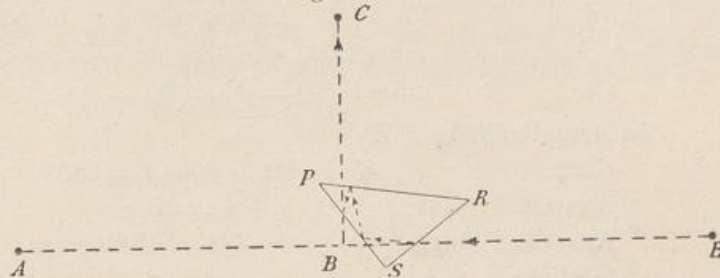


Fig. 79.

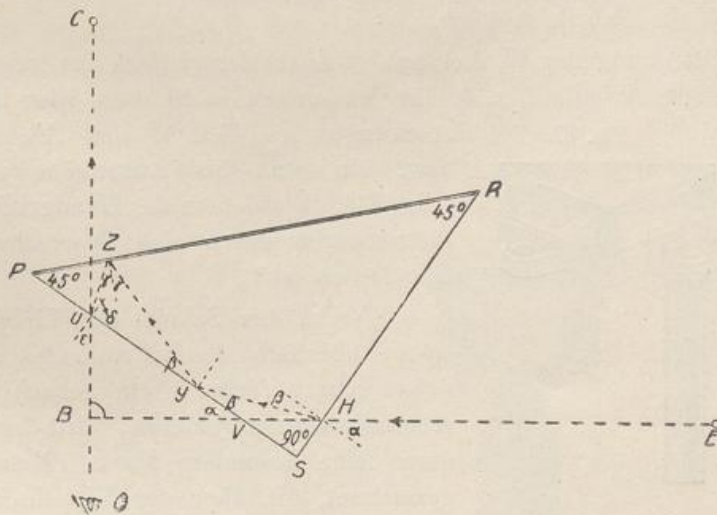


Schaut man in die linke Seite PS des Prismas, so sieht man den rechtsliegenden Fluchtstab der Linie, sieht man in die rechte SR, so erblickt man den zur linken Seite stehenden Stab. Dazu sei bemerkt, daß die richtigen Bilder der Fluchtstäbe auch dann im Prisma feststehend sind, wenn man das Prisma ein 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  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  und  $\varepsilon$  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:

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

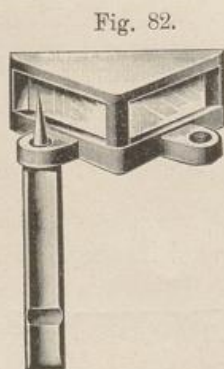
und da

$$\varepsilon = \alpha$$

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

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.

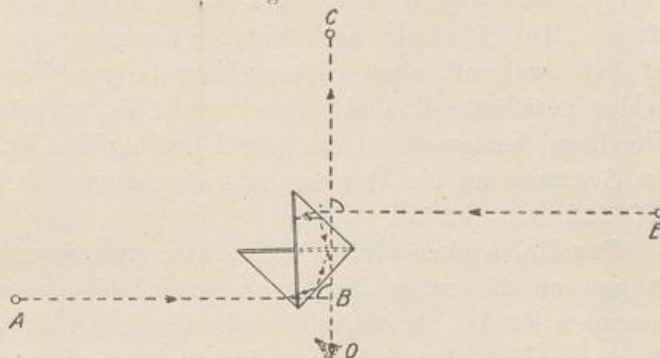
\*) Ein sehr praktischer Lotstab mit kardanischer Aufhängevorrichtung nach Derbe wird neuerdings durch die Firma R. Reiß in Liebenwerda zum Preise von 12 M. hergestellt.

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

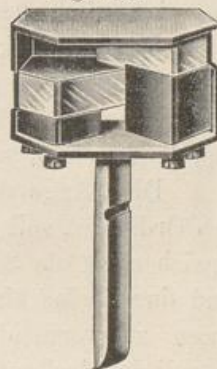
Stabmitte (wie oben) angegeben wird, können gleichfalls für denselben Zweck, wie das einfache Prismenkreuz benutzt werden.

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.

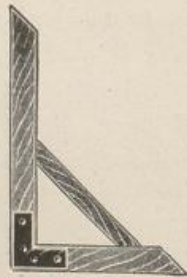
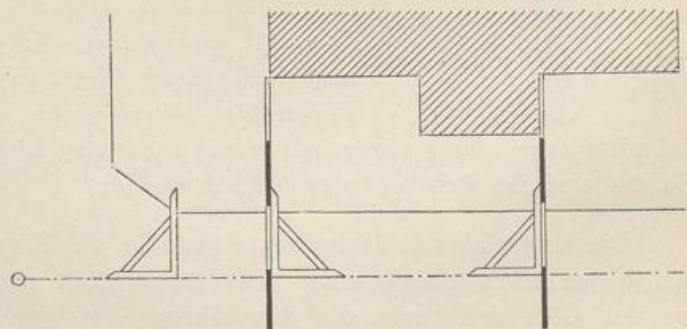


Fig. 86.



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

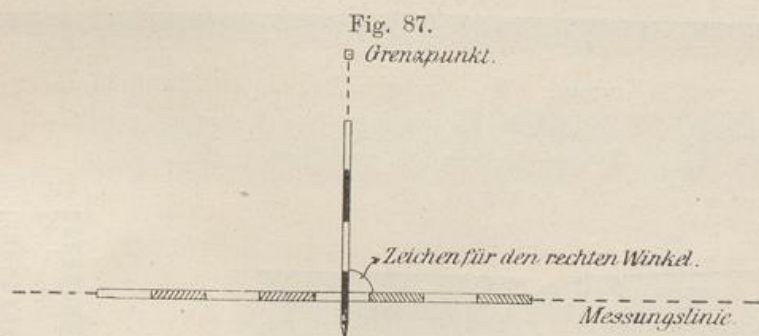
Diese Art der Winkelbestimmung hat sich nach den Angaben von Ottsen\*) selbst in sehr verkehrsreichen Straßen von Berlin außerordentlich gut bewährt und läßt sich in sehr kurzer Zeit erledigen.

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

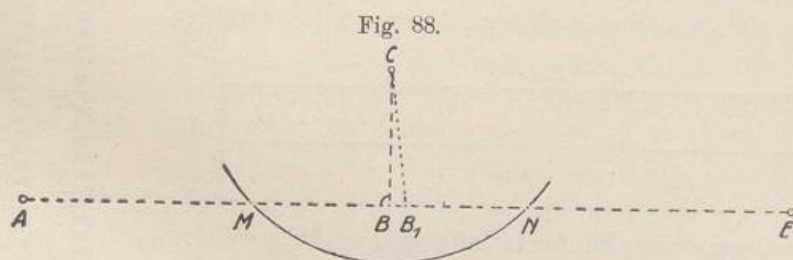
\*) Siehe „Zeitschrift für Vermessungswesen“, Jahrgang 1888, S. 194.

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 A E und beschreibt dann mit etwa  $1,5 \cdot CB_1$  einen Kreisbogen um C (Fig. 88), der die Abscissenlinie A E 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.

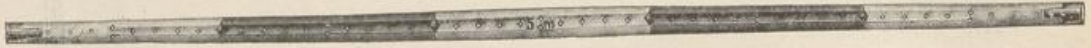


Fig. 91.



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.

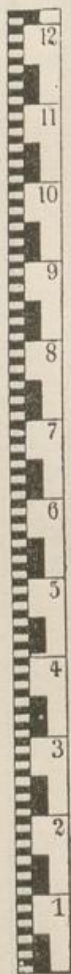
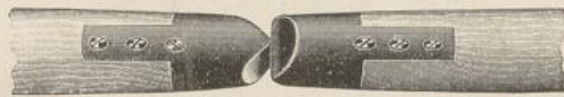


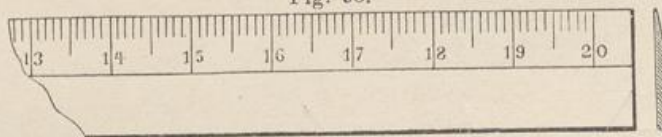
Fig. 92.



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

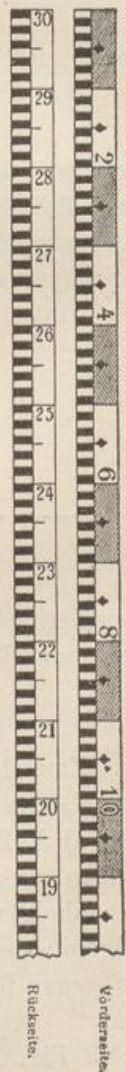
Die Meßlatten erhalten schon durch den Fabrikanten die gesetzlich zulässige Länge und sorgfältige

Fig. 93.



Unterteilung. Eine **Fünfmeterlatte** entspricht noch den Vorschriften der „Eichordnung für das deutsche Reich“ vom 8. November 1911, wenn ihre Gesamtlänge zwischen den Endschnitten 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 **Meßlatte** 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 Meßlatten 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.

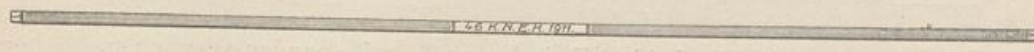


Fig. 97.



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  $18^{\circ}\text{C}$ . 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.



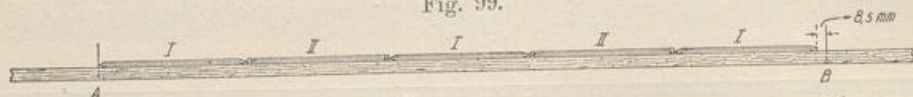
1 cm vom Lattenende entfernt, sodann wird zwischen diesem und dem Lattenende der Zwischenraum mit Zirkel und Maßstab ermittelt, z. B. hier zu 9,5 mm (s. Fig. 98).

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 Endschnitten 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.



Fig. 100a.



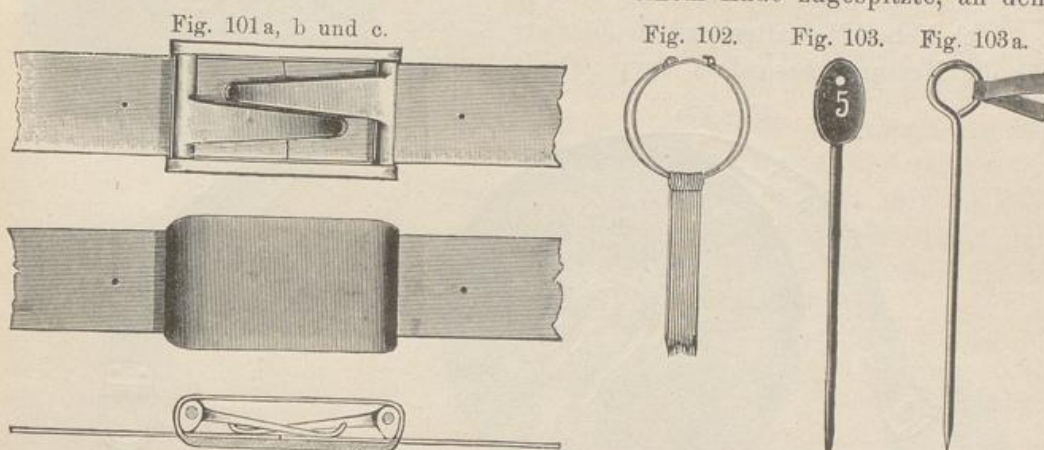
werden. Die Ziehstäbe tragen an einem Ende eine eiserne Spitze, die man beim Messen in den Boden drückt, und über der Spitze einen kurzen Riegel, damit das Band nicht vom Stabe gleitet.

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-

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.

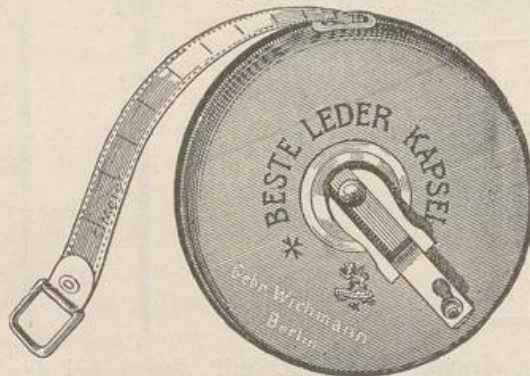
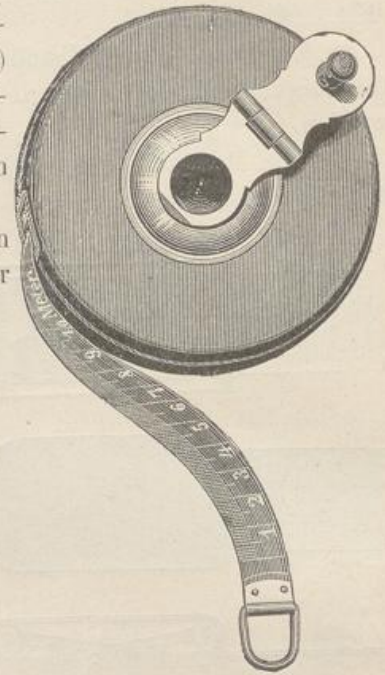


Fig. 106.



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

Fig. 107.

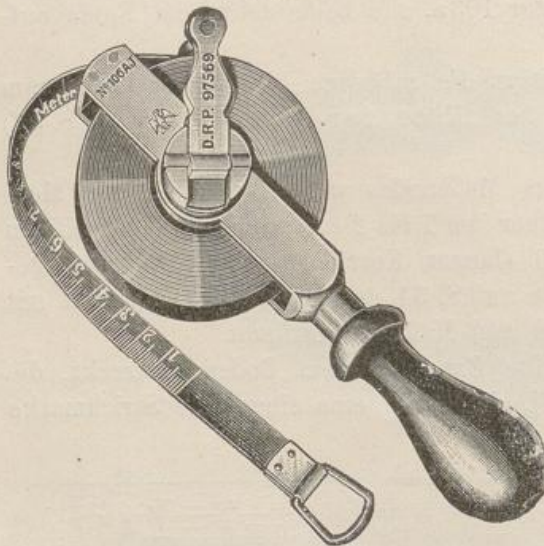
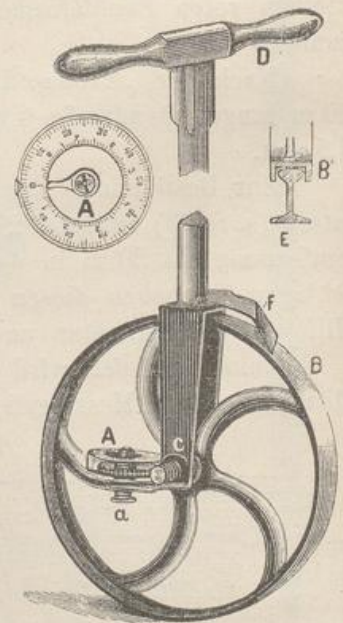


Fig. 108.



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 B<sup>1</sup> 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.

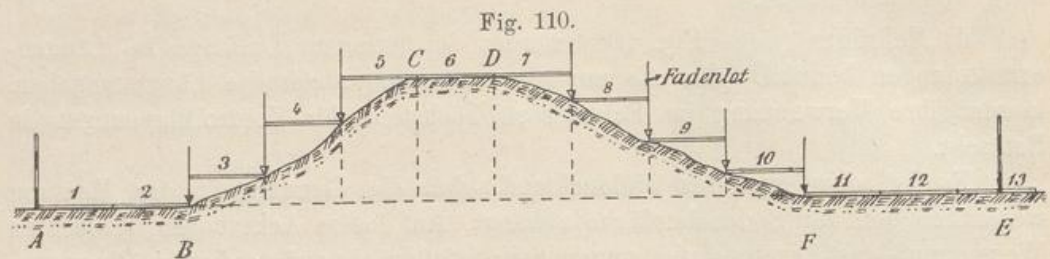


#### 4. Die Längenmessung.

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.

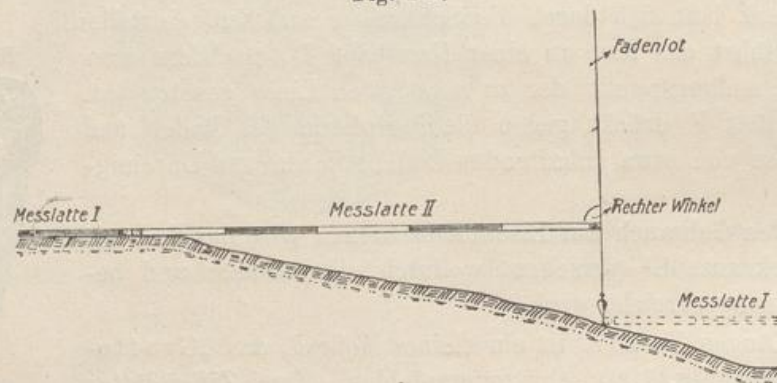
Der allgemeine Verlauf einer Längenmessung wird in Fig. 110 gezeigt. Man fängt bei A an; bis B sei die Strecke eben oder bis 2% geneigt und genau zwei Werkzeuglängen (1, 2), dann beginne eine stärkere Steigung. Von B

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 (Werkzeuglänge 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.

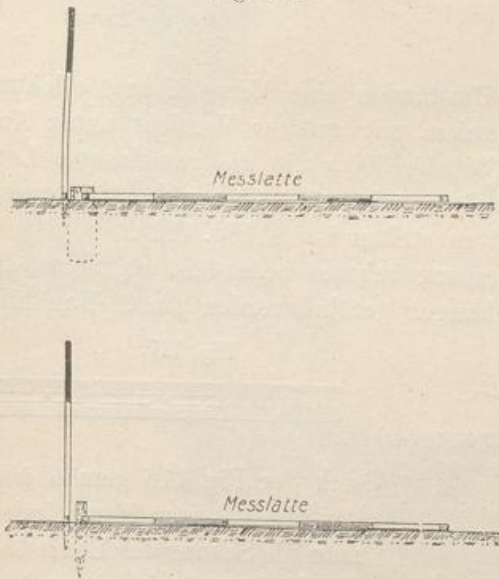
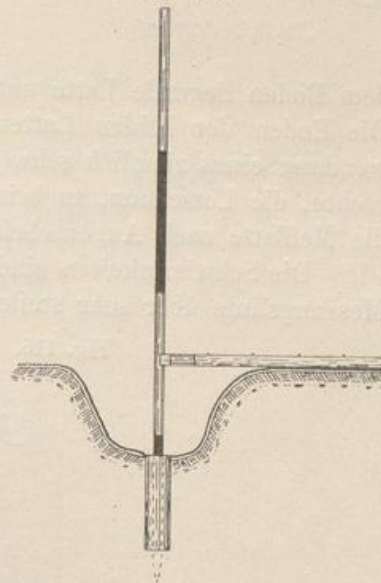


Fig. 113.



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.

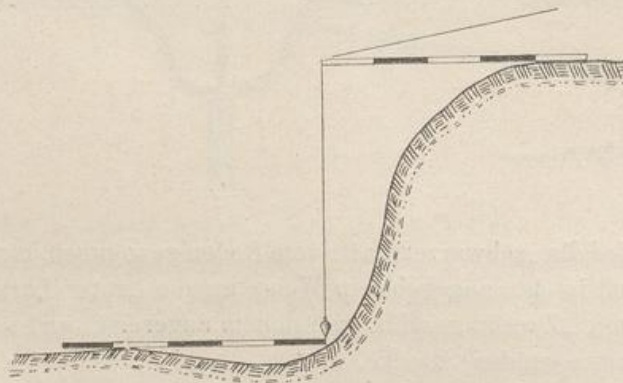
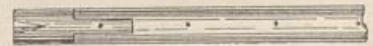


Fig. 117.



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  $\alpha$  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  $\alpha$  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.

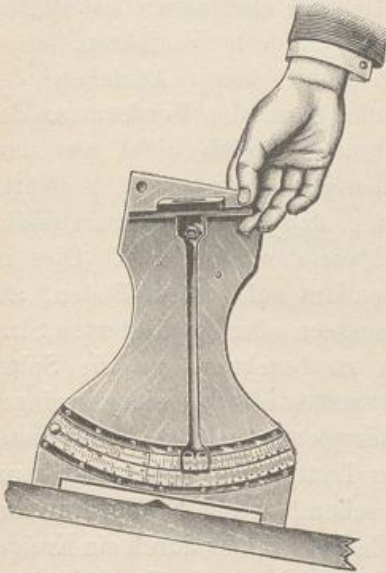


Fig. 119.

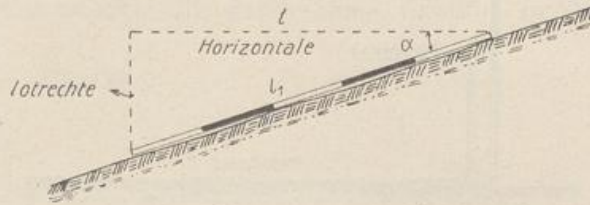


Fig. 120.

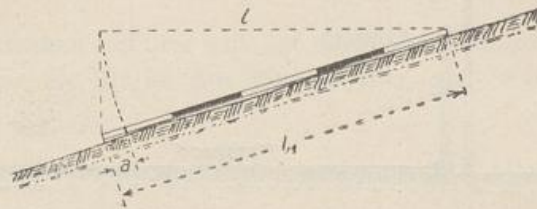
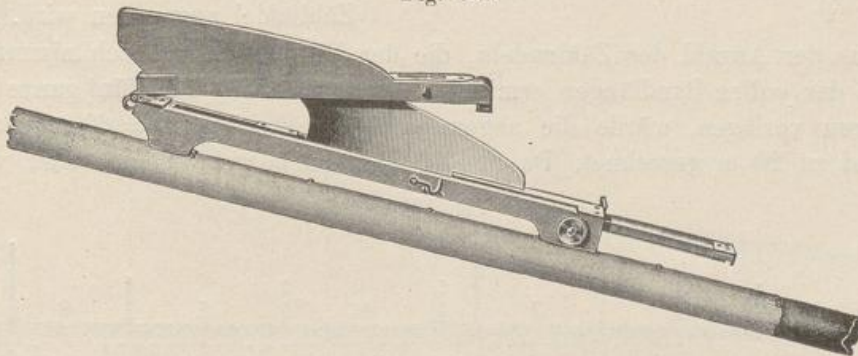


Fig. 121.

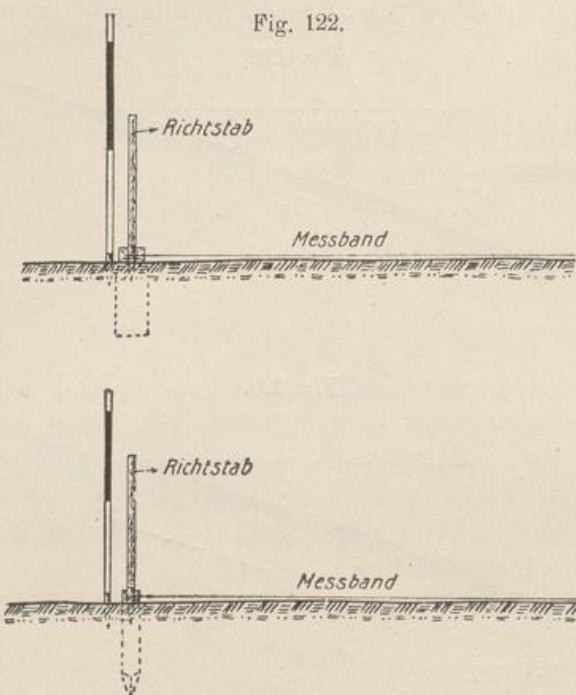


Einspielen der Libellenblase hochführt, wodurch an einer Zunge sich das Zusatzmaß selbsttätig einstellt, um welches die Latte zu verlängern ist. Zu diesem Zwecke wird der Schrägmesser so neben die Meßlatte gelegt, daß eine seitliche Kralle am Lattenende anschlägt.

#### 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-

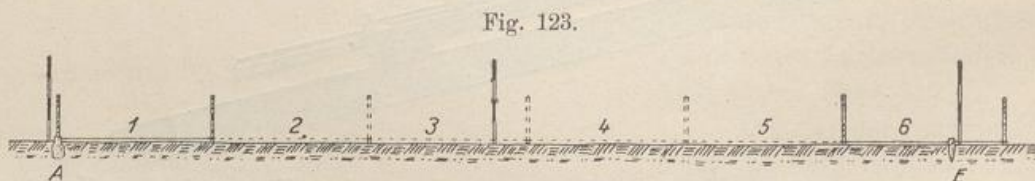
reihung der Bandlängen fortgesetzt. Hierzu wird vom Vordermann — das Meßband ist stets von zwei Gehilfen zu bedienen — das Band vorwärts gezogen, bis der Hintermann bei der Zählnadel angekommen ist. Dieser nimmt sodann



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



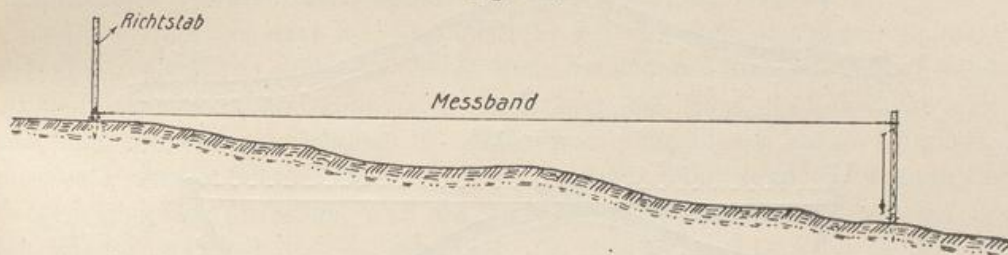
die Zähler nach Abmessung von größeren Strecken als  $10 \times 20 = 200$  m dem Vordermann wieder zugestellt. Selbstverständlich darf in solchen Fällen bei der Ermittlung der Bandlängen die Rückgabe der Zählnadeln nicht außer acht gelassen werden.

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

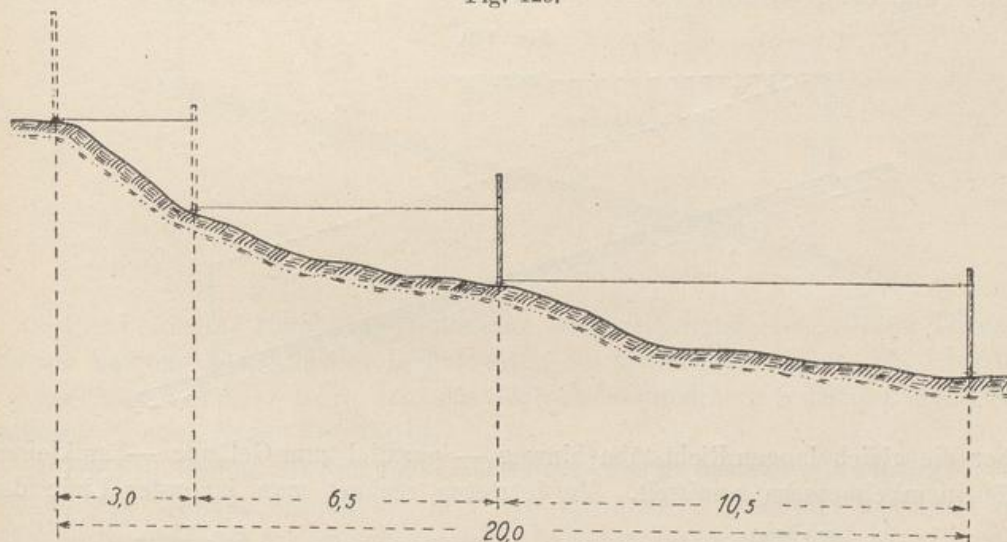
Boden projiziert. Die ganze Bandlänge (20 m) kommt hier aber nur dann in Betracht, wenn zwischen Anfang und Ende des Bandes der Höhenunterschied nicht größer ist als die Länge des Richtstabes, also etwa 1,5 m, d. h. wenn das Bodengefälle nicht größer ist als 6 bis 7 ‰. Dabei muß das Meßband stets straff 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.



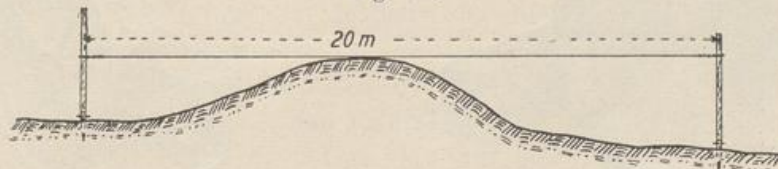
Sobald das Staffeln wegen zu starken Gefälles mit der ganzen Meßbandlänge undurchführbar ist, nimmt man nur die Hälfte des Bandes oder nur wenige

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 Staffelnung 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.

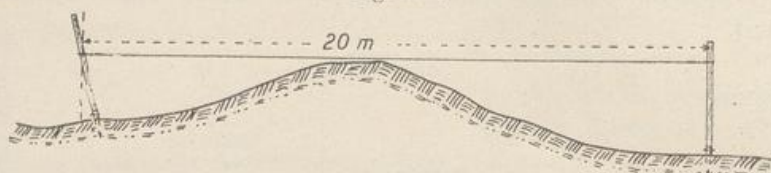
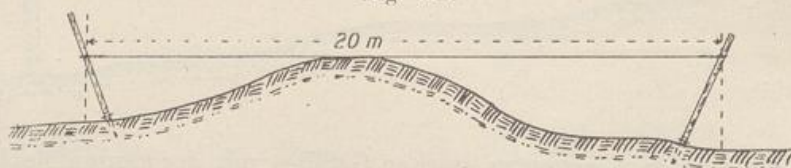
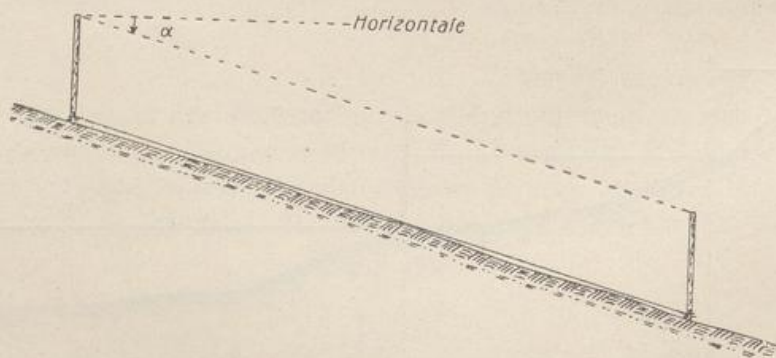


Fig. 128.



$\beta$ ) Wird das Meßband, der Geländeneigung folgend, am Boden entlang geführt (Fig. 129), so wird der Neigungswinkel  $\alpha$  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.

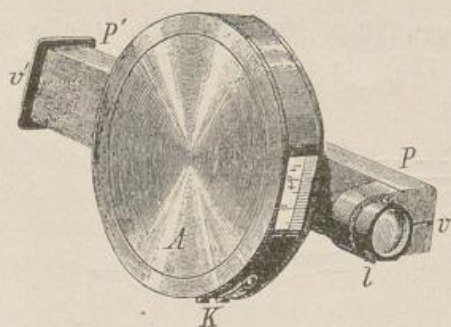
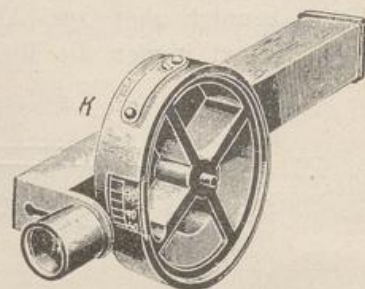


Fig. 130 b.

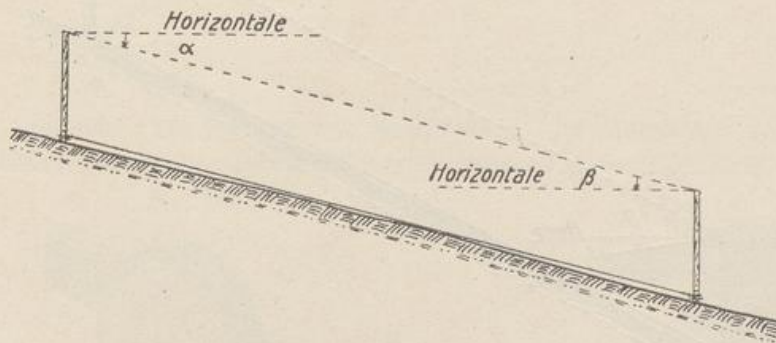


„Neigungsmesser“ von Brandis, der vom Mechaniker Wolz in Bonn hergestellt wird. Das Instrument besteht aus einer Messingbüchse A (Fig. 130 a),

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  $\beta$ “  $(+)$  oder der „Tiefenwinkel  $\alpha$ “  $(-)$  (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).

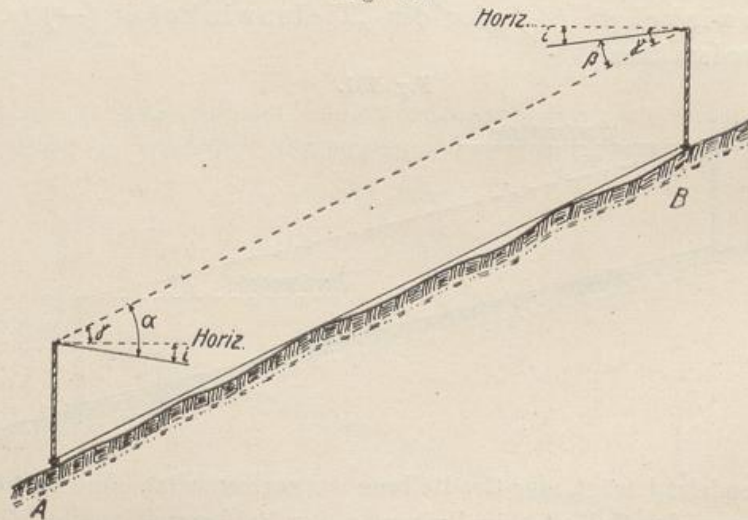
Die Ermittlung der Neigungsverhältnisse kann im besten Falle auf  $\frac{3}{10}$  bis  $\frac{5}{10}$  der Teilung erfolgen, sodaß die in Frage kommenden Zuschläge besonders bei einer großen Neigung des Geländes ziemlich unsicher werden. Mit  $l_1 = 20$  m werden die Zuschlagmaße  $a = l_1 - l_1 \cos \alpha$  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  $\alpha$  und  $\beta$  (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  $\alpha$  um den Indexfehler  $i$  zu groß, auf B zu  $\beta$  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

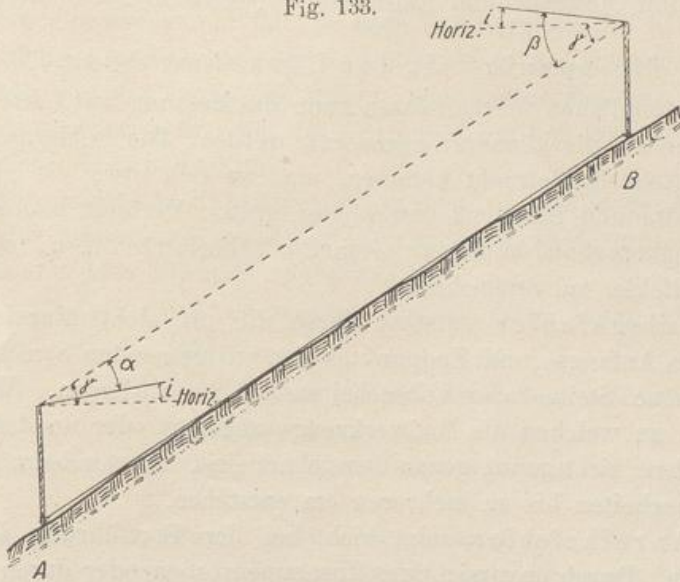
$$\begin{aligned} \text{auf A:} & \quad i = \alpha - \gamma \\ \text{auf B:} & \quad i = \gamma - \beta \\ \text{Demnach:} & \quad 2i = \alpha - \beta \\ & \quad i = \frac{\alpha - \beta}{2}. \end{aligned}$$

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.

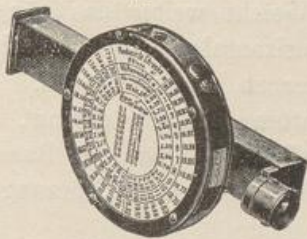
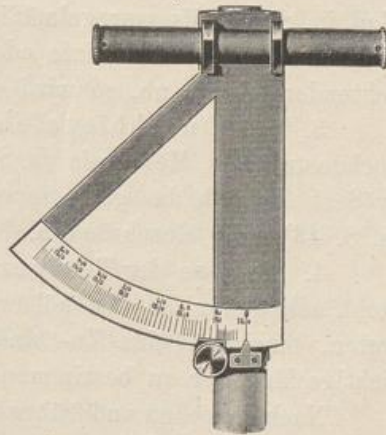


Fig. 135.



(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 Staffelung: 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  $\mu$ , ein Erfahrungsfaktor, aus der nachstehenden Tabelle entnommen wird.

Es ist:

1. bei Meßblättern längs gespannter Schnur oder ausgeschnürter Linie (Seite 20) . . . . .  $\mu = 0,001$
2. bei Meßblättern 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

$$\begin{array}{cccccc} l = 10 \text{ m,} & 50 \text{ m,} & 100 \text{ m,} & 500 \text{ m,} & 1000 \text{ m} \\ M = 0,06 & 0,14 & 0,20 & 0,45 & 0,63 \end{array}$$

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

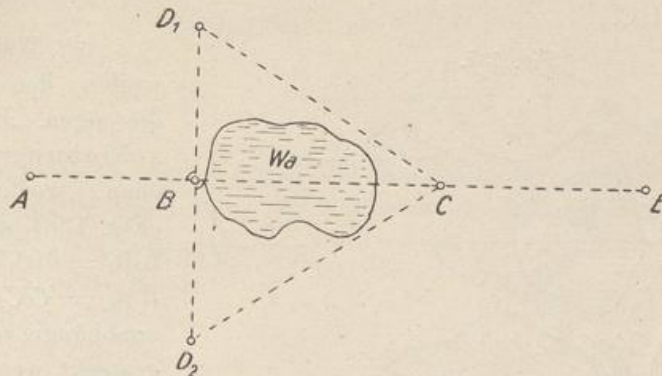
#### e) Messung unzugänglicher Strecken.

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  $45^\circ$  - 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.  $\alpha$ ) 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 D<sub>1</sub> errichtet (s. Abschnitt 2, S. 21), so daß von D<sub>1</sub> der Punkt C (hinter dem Hindernisse) gut zu sehen ist, und hierauf die Länge B D<sub>1</sub> und D<sub>1</sub> 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 D<sub>2</sub> 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.

$\beta$ ) 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  $\alpha$ ) in der erlaubten Fehlergrenze liegen muß, ist der gesuchte Abstand zwischen B und C.

Fig. 137.

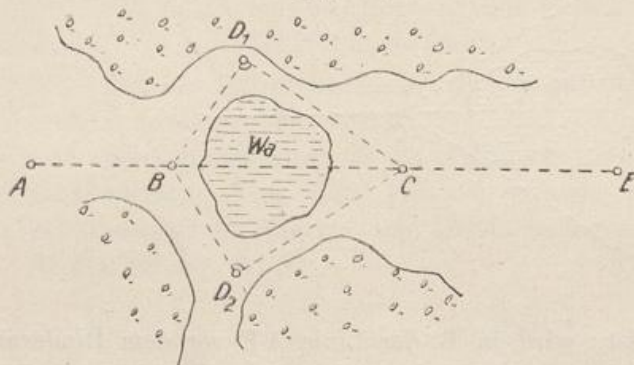
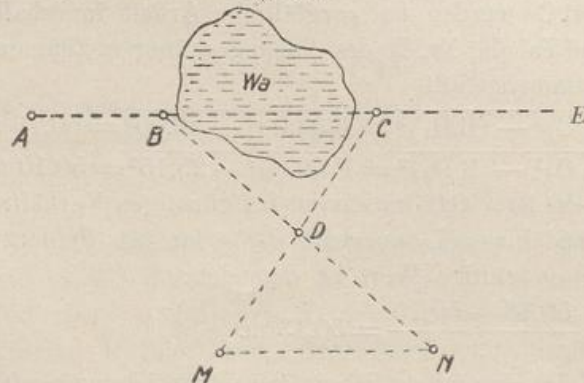


Fig. 138.



Fig. 139.



$\gamma$ ) 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.

$\delta$ ) 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.

$\varepsilon$ ) 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  $\alpha, \beta, \gamma$  (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 = $180^\circ 00' 00''$
$\frac{d}{3} = + 15''$		

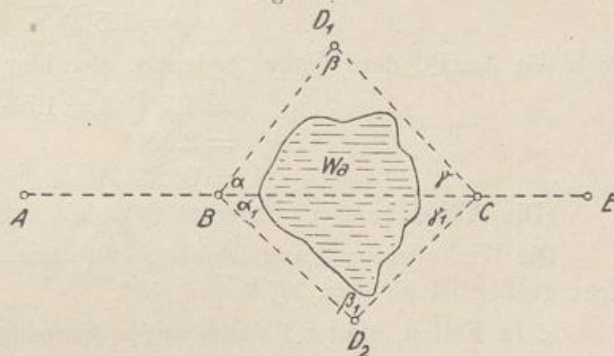
Hiernach ist:

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

und

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

Fig. 140.



$$\begin{aligned} \log 100,12 &= 2,00052 \\ \log \sin 73^\circ 40' 20'' &= 9,98212 \\ \text{cpl log}^*) \sin 54^\circ 43' 40'' &= 0,08809 \\ \hline \log BC &= 2,07073 \\ BC &= 117,69 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log 96,21 &= 1,98322 \\ \log \sin 73^\circ 40' 20'' &= 9,98212 \\ \text{cpl log} \sin 51^\circ 36' 00'' &= 0,10585 \\ \hline \log BC &= 2,07119 \\ BC &= 117,81 \text{ m} \end{aligned}$$

Die beiden Werte BC weichen um 0,12 m ab. Gestattet ist nach Tabelle II des Anhanges in der Geländeklasse II:  $d_{II} = 0,23$  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  $180^\circ$  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).

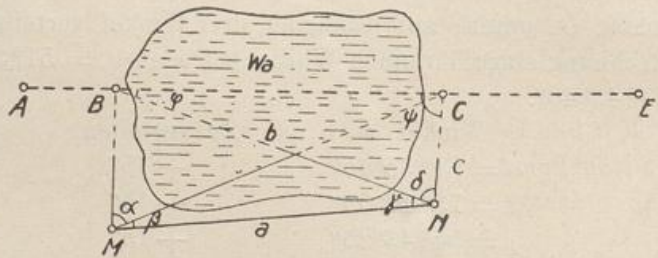
Die Winkelbeobachtung ist als „Gut“ anzusprechen, wenn die Abweichung nicht größer ist als  $\delta = 30'' \sqrt{3} = 51''$ .

$\varepsilon$ . 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  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\delta$  mittels eines „Theodolits“ gemessen, so ist nach Einführung der Buchstaben  $b$ ,  $c$ ,  $\varphi$  und  $\psi$  in die Figur:

Fig. 141.



\*)  $\text{cpl log}$  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  $a$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  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:

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

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

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

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

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

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

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

berechnet man nach Gl. 5 und 6:

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

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

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  $45^\circ$  (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  $45^\circ$  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.

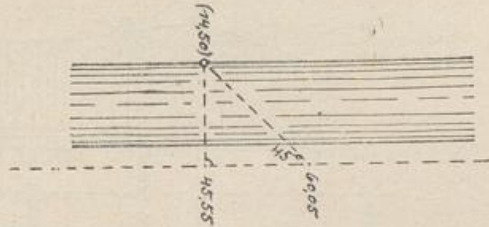
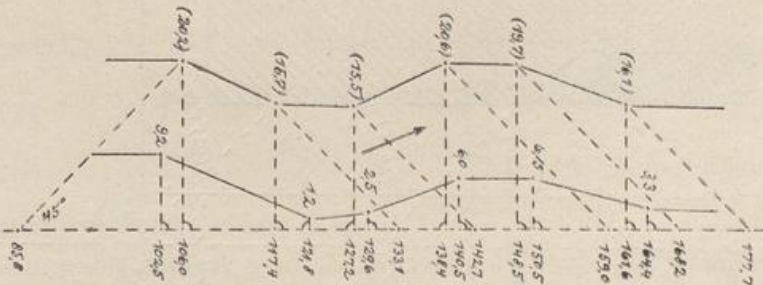


Fig. 143.



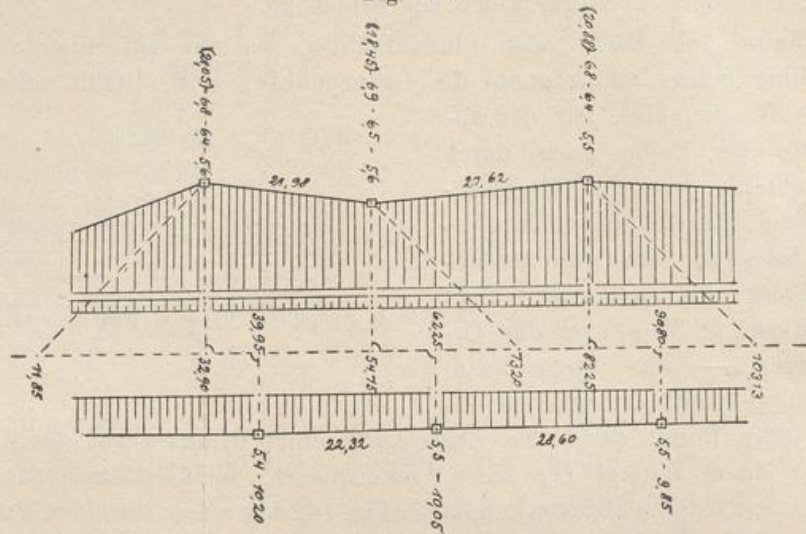
Sobald die aufzumessenden Punkte gegen die Abscissenlinie sehr hoch oder tief, z. B. auf steilen Böschungen (Fig. 144) oder in Einschnitten gelegen sind, kann von den oben aufgeführten Instrumenten nur die Winkeltrommel (s. a. das auf S. 29 Gesagte) benutzt werden.

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

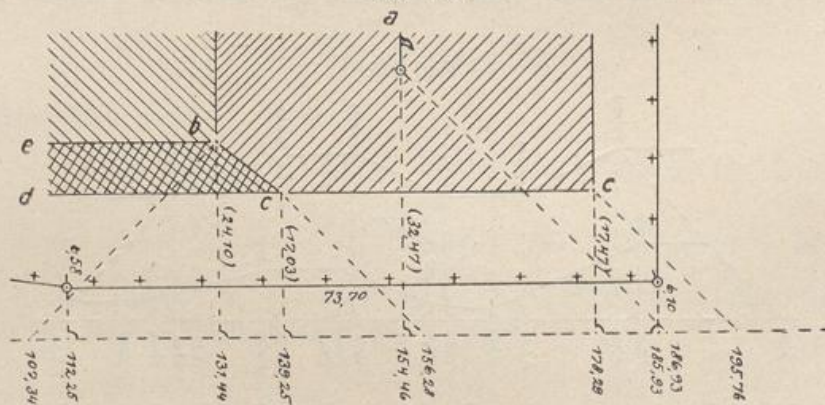
worden, da sie infolge eines kleinen Vorbaues  $ebdc$  unzugänglich und von der Abscissenlinie aus hoch über diesem zu sehen ist.

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.

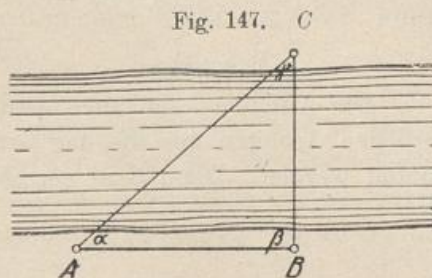
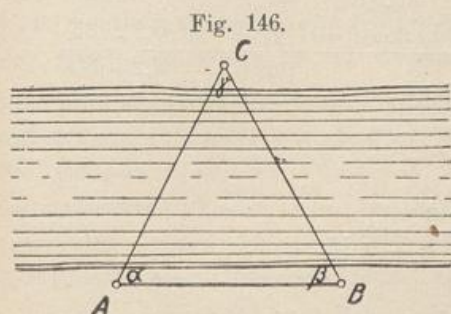


3. Die unter  $\epsilon$  (Seite 52) angegebene allgemeine Dreieckskonstruktion ist, etwas abgeändert, ein vielfach angewendetes Hilfsmittel bei der Ermittlung von Flußbreiten, deren Kenntnis, z. B. für die Anlage einer Brücke erwünscht ist. Je nach der Güte der benutzten Längen- und Winkelmeßwerkzeuge 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  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  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  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  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  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmt werden. Dann wird gerechnet:

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

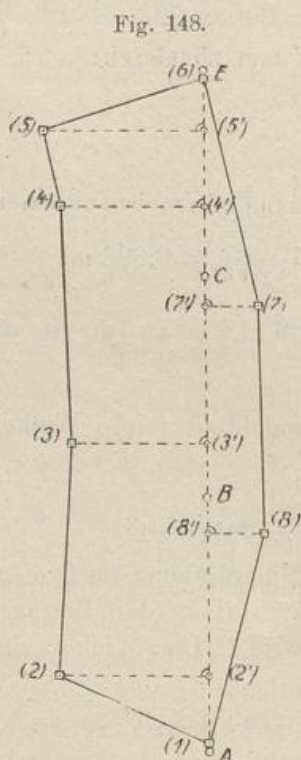
$$= \frac{AB \cdot \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)}$$

Es empfiehlt sich jedoch, stets auch den Winkel  $\gamma$  zu messen, da durch die Abgleichung der Winkel auf  $180^\circ$  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.

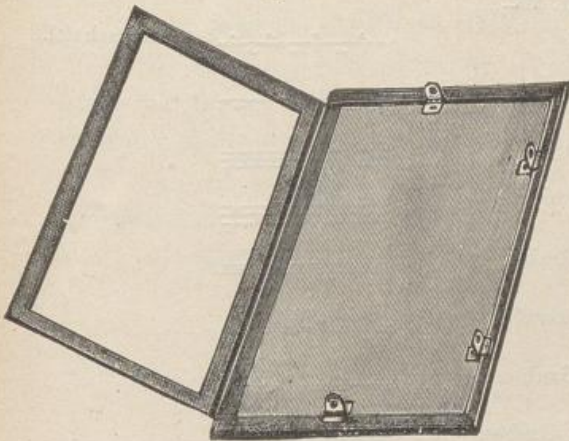
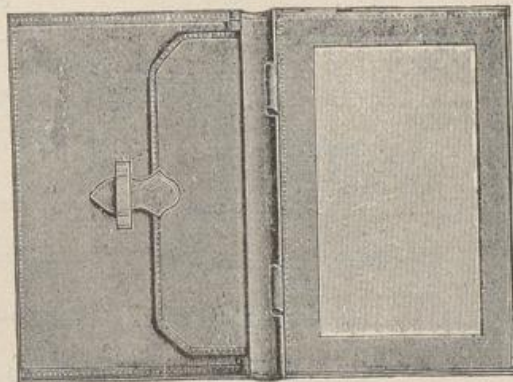


Fig. 150.



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



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.

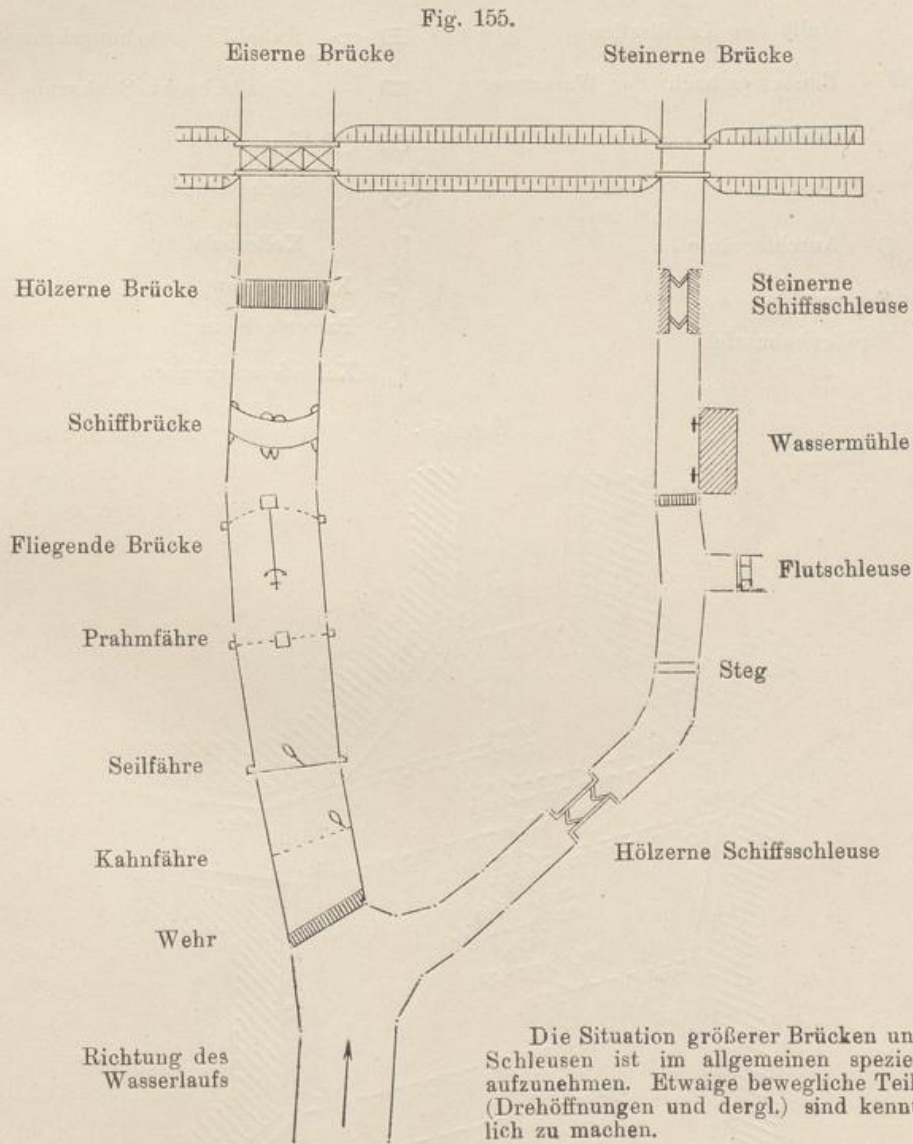
Fig. 154.

	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 Zentraldirektoriums 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.

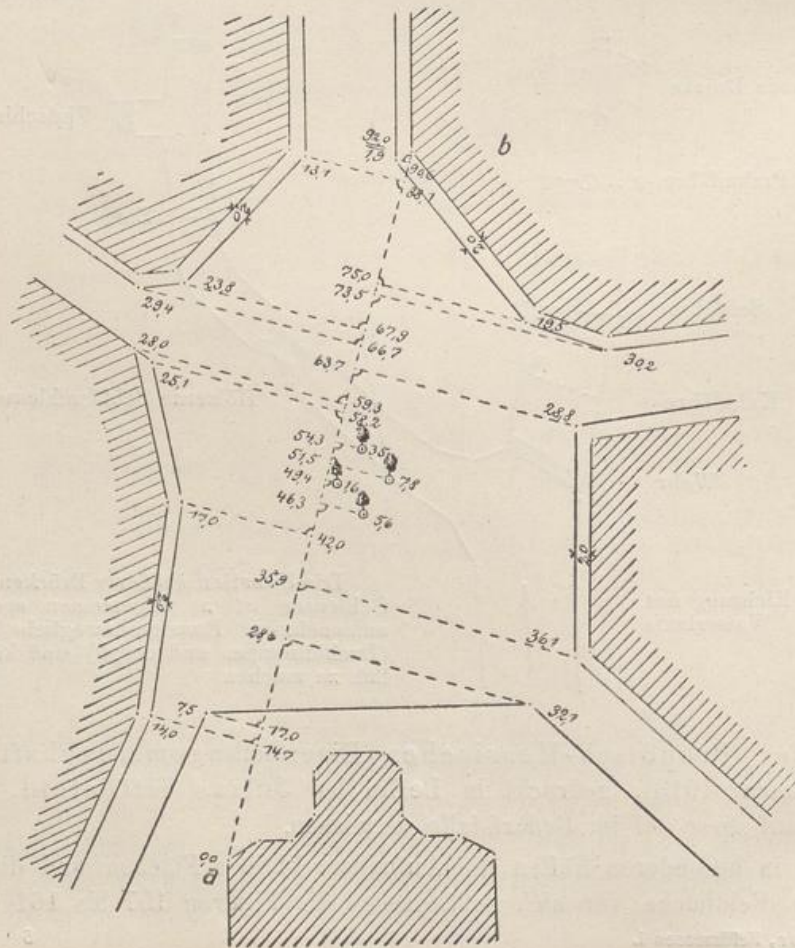
Wie in besonderen Fällen die Aufnahme kleiner Flächen und die Niederschrift im Feldbuche vor sich geht, lassen die Figuren 157 bis 161 erkennen.

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

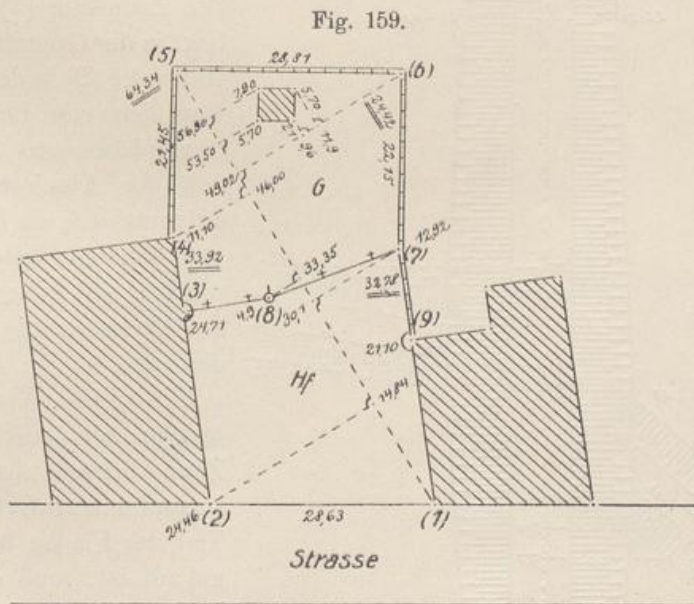
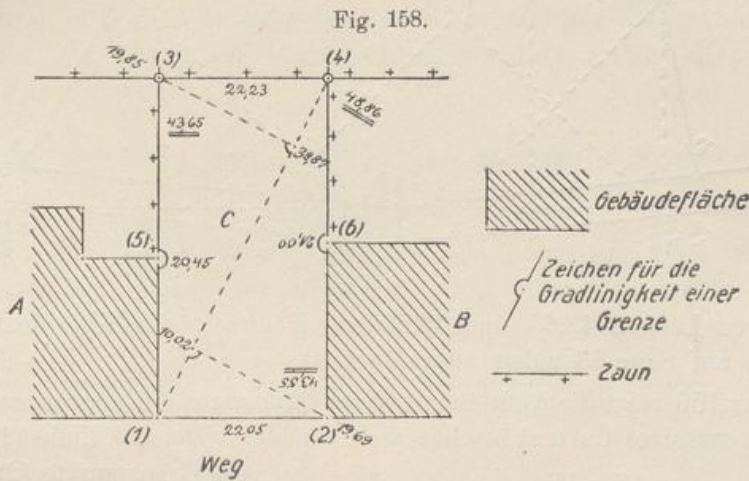
Fig. 156.

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| ⊞ ⊙ ⊞ 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                          |
| ⊞ ⊞ Anschlagsäule                    | ⊞ Kellerhals                               |
| ⊞ ⊞ Feuermelder                      | ⊞ Kellereingang                            |
| ⊞ ⊞ Straßenbahntafel                 | ⊞ Parterreeingang                          |
|                                      | ⊞ Kellerfenstergruben                      |

Fig. 157.



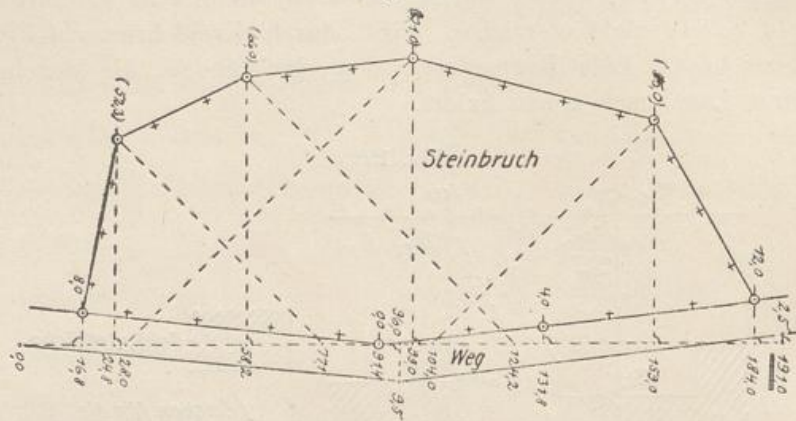
des Platzes wird durch die einfache Koordinatenaufnahme erhalten. Die Abscissenlinie geht von der Turmecke a aus und endet in der Hausecke b. Die Brechpunkte der Bordsteine geben die Gestalt des Platzes genau wieder. Da der Platz gepflastert ist, werden die Ordinatenfußpunkte, falls auf ihre Kenntlichmachung (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.



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-

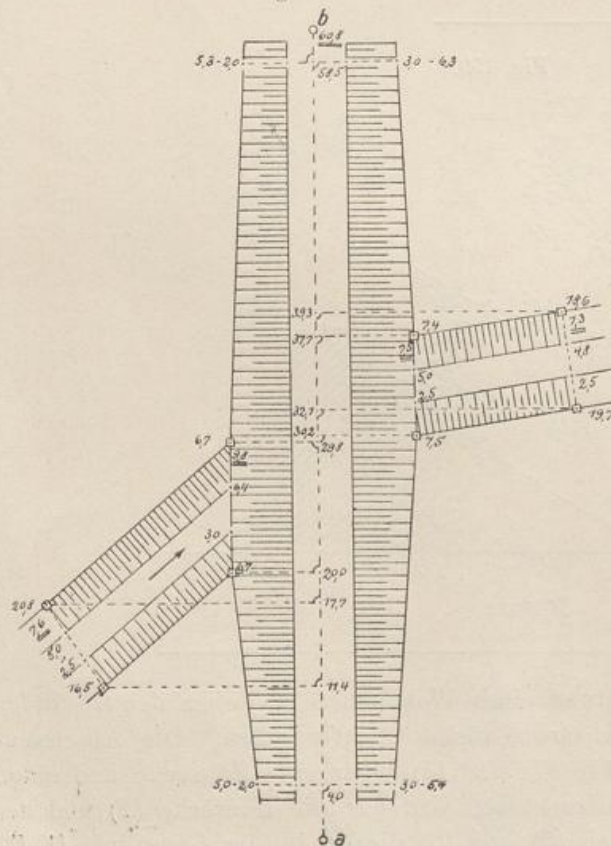
Fig. 160.



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.

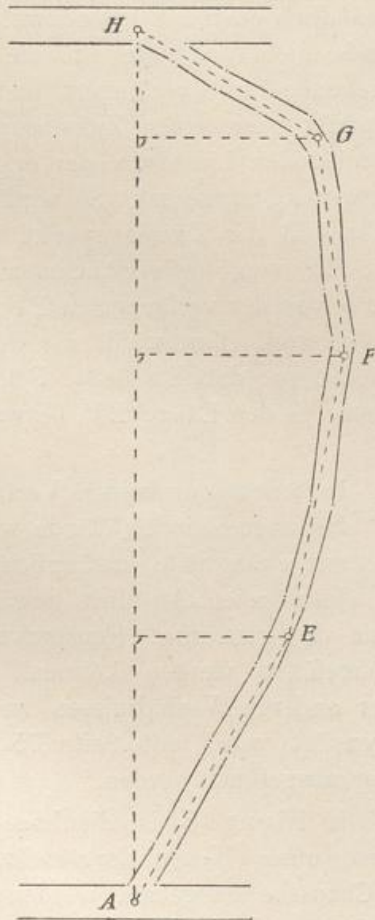


Fig. 163.



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;