



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

A. H. Klauser's Lehrbuch der Vermessungskunde

Klauser, Adolf H.

Reichenberg, 1895

Abtheilung: I. Das Feldmessen.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-80291](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-80291)

Einleitung.

§. 1. Die Vermessungskunde, Geodäsie, praktische Geometrie, auch Feldmesskunst genannt, ist jener Abschnitt der angewandten Mathematik, welcher uns lehrt, die Gestalt und Größe kleiner oder größerer Theile der Erdoberfläche zu ermitteln, die gegenseitige Höhenlage einzelner Punkte zu bestimmen und die durchgeführten Aufnahmen bildlich darzustellen.

Man kann hiernach den Lehrstoff der Vermessungskunde in folgende Abtheilungen zergliedern:

- I. Das Feldmessen;
- II. das Nivellieren;
- III. das Situationszeichnen und die Terrain-Darstellung.

Je nachdem sich die Vermessung über ganze Länder oder nur über kleine Theile der Erdoberfläche erstreckt, unterscheidet man die höhere und die niedere Geodäsie. Bei den Aufnahmen, welche in das Gebiet der höheren Geodäsie gehören, wird die Kugelgestalt der Erde in Rechnung gezogen, während diese im Bereiche der niederen Geodäsie zumeist unberücksichtigt bleibt, da sie keinen wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit der durchzuführenden Arbeiten ausübt.

Wir haben es im Umfange dieses Lehrbuches nur mit den Vermessungsarbeiten letzterer Art zu thun, d. h. mit den Aufnahmen kleiner Theile der Erdoberfläche, welche in diesem Falle, abgesehen von den vorhandenen Unebenheiten des Terrains, nicht als sphärische oder sphäroidische Fläche, sondern als eine Ebene aufzufassen ist.

Abtheilung: I.

Das Feldmessen.

§. 2. **Allgemeine Bemerkungen.** Das Feldmessen beschäftigt sich mit der Aufnahme kleiner Theile der Erdoberfläche als: einzelner Gemeinden, Besitzungen, Grundstücke, Straßen, Flüsse. Auch gehören hierher die Absteckungen von geraden Linien und Bögen für Bauten von Verkehrswegen, das Abstecken der Schnurgerüste für Neubauten u. s. w.

Unter einer Situations-Aufnahme versteht man das Ausmitteln der Gestalt und Größe der aufzunehmenden Flächen.

Denkt man sich durch einen Punkt eine mit der Erdkugel concentrische Kugelfläche gelegt, so heißt diese der wahre Horizont, während jene Ebene, welche die Kugelfläche in diesem Punkte berührt, der scheinbare Horizont desselben Punktes genannt wird. Der scheinbare Horizont eines Punktes steht senkrecht auf dem Lothe

desselben, d. h. auf der Verbindungslinie dieses Punktes mit dem Erdmittelpunkte. Da die Abweichung der Lothe zweier Punkte, die eine Entfernung von 1 km haben, nur ungefähr $\frac{1}{2}$ Minute beträgt, so folgt, dass die auf diesen Lothen senkrecht stehenden Ebenen, d. h. die scheinbaren Horizonte dieser Punkte, dieselbe Abweichung besitzen. Für die Aufgaben des Feldmessens können somit die scheinbaren Horizonte nahe gelegener Punkte als parallel angenommen werden, indem man bei jenen Aufnahmen, welche eine Fläche von etwa 700 km² nicht überschreiten, die vorhin erwähnten kleinen Abweichungen unberücksichtigt lässt.

Die bildliche Darstellung einer Situations-Aufnahme wird ein Situationsplan genannt. Da dieser Plan in einer ebenen Fläche ausgeführt wird, die Erdoberfläche aber wegen der stets wechselnden Form nicht als Ebene betrachtet werden kann, so bestimmt man die für eine Aufnahme nöthigen Längen und Winkel nicht in ihrer wirklichen Größe, sondern reducirt auf den scheinbaren Horizont, d. h. in jener Größe, wie sie durch eine gedachte Projection auf die Ebene des scheinbaren Horizontes erhalten werden. Auf dem Plane erscheint daher immer nur die Horizontalprojection oder der Grundriss der aufzunehmenden Flächen.

Dieser Vorgang hat auch seine volle Berechtigung, weil sämtliche Bodenerzeugnisse in verticaler Richtung emporwachsen, daher eine geneigte Ebene nicht mehr Ertragsfähigkeit besitzt als ihre Horizontalprojection.

§. 3. Arten der Aufnahmen. Beim Feldmessen gibt es sehr verschiedene Veranlassungen, welche eine Aufnahme bedingen.

Man unterscheidet:

a) **Ökonomische Aufnahmen.** Der Zweck derselben ist die Ermittlung der Größe und Gestalt einzelner Grundstücke nebst Angabe ihrer Cultur, um darnach den Wert eines Besitzes kennen zu lernen, Grenzstreitigkeiten zu ordnen u. s. w.

Zu diesen Aufnahmen gehören auch die durch den Staat veranlassten Catastral-Aufnahmen, welche die den einzelnen Eigenthümern zukommenden Flächen genau bestimmen. Die Pläne selbst heißen Mappen. Diese sind noch durch ein Verzeichnis (Grundbuch) der jedem Grundbesitzer gehörigen Grundstücke (Parzellen) ergänzt. Vermöge der Mappen und Grundbücher ist der Staat in der Lage, die Steuern der Grundbesitzer genau zu bemessen.

b) **Forstliche Aufnahmen.** Sie erfordern eine genaue Messung der Waldgrenzen, der Culturabtheilungen und die Angabe der in diesen enthaltenen Holzgattungen, zum Zwecke einer geregelten Waldwirtschaft und der Werteinschätzung des Waldes.

c) **Topographische Aufnahmen.** Diese sollen ein getreues, übersichtliches Bild der gegenseitigen Lage einzelner Ortschaften sammt ihrer Umgebung, zum Zwecke eines leichteren Verkehrs, geben.

d) **Militärische Aufnahmen.** Hier ist die Ausmittlung der Form und Beschaffenheit des Terrains, zur Beurtheilung der darauf auszuführenden militärischen Operationen, von besonderer Wichtigkeit.

e) **Hydrotechnische Aufnahmen.** Die Feststellung der Lage und Gestalt der Ufer eines Flusses, die Angabe der Tiefe desselben, der Wassergeschwindigkeit und des Gefälles, der Gestalt des Flussbettes u. s. w. ist hier erforderlich.

f) **Stadt- und Ortschaftspläne.** Aus diesen soll die gegenseitige Lage der Häuser, die Breite der Straßen, die Anlage von neuen Straßen, Canälen, Wasser- und Gasleitungen u. s. w. ersichtlich sein.

§. 4. **Maße.** Eine Aufnahme wird mittelst Längen- und Winkelmessungen durchgeführt. Nach dem Gesetze vom 23. Juli 1871, R.-G.-Bl. 1872 Nr. 16, ist in Österreich-Ungarn das metrische Maß allgemein eingeführt worden, nach welchem das Meter als Einheit des Längenmaßes gilt.*)

Das Winkelmaß. Bei dem Messen von Winkeln hat man außer der sogenannten Sexagesimaltheilung, nach welcher der rechte Winkel in 90 Grade ($^{\circ}$), à 60 Minuten ($'$), à 60 Sekunden ($''$) getheilt wird, noch die in neuerer Zeit, namentlich in Frankreich, übliche Centesimaltheilung, wobei der rechte Winkel in 100° , à $100'$, à $100''$ einzutheilen ist. Diese neue Theilung bietet sowohl in der Schreibweise als auch in der Rechnung große Vortheile gegenüber der ersteren, so dass sie wahrscheinlich allgemeine Anwendung finden dürfte.

Die Zeichnungsmaße. Das Zeichnen eines Planes erfolgt nach einem verjüngten Zeichnungsmaße. Das Verhältnis zweier entsprechender Längen des Planes und der Natur wird durch eine Zahl angezeigt, welche das Verjüngungsverhältnis genannt wird. So bedeutet z. B. das Verjüngungsverhältnis $\frac{1}{500}$ oder auch 1:500, dass jede Länge in der Zeichnung nur $\frac{1}{500}$ der entsprechenden natürlichen Länge ist.

Zweck und Ausdehnung einer Aufnahme bedingen die Größe des Verjüngungsverhältnisses.

Die Catastralpläne oder Mappen sind im Maßstabe 1:2880, d. i. $1'' = 40^{\circ}$ (Wiener-Maß) hergestellt worden.

Geometrische Situationspläne für Grundtheilungen in Städten und geschlossenen Ortschaften 1:1440.

Ökonomische und forstliche Aufnahmen werden zumeist im Catastralmaßstabe hergestellt.

Für Neuaufnahmen des Catasters ist das auch in Deutschland bestehende Verhältnis 1:2500 in Aussicht genommen.

Für Baustellen und Gründe von höherem Werte ist der Maßstab 1:720 (Stadtpläne von Wien und Graz) oder der Maßstab 1:500 (Stadtplan von Reichenberg) in Anwendung gekommen.

Topographische Pläne verfertigt man meistens im Maßstabe 1:14 400, aber auch in Maßstäben von 1:10 000 oder 1:20 000.

Militärische Aufnahmen sind früher in dem, mit dem Catastralmaßstabe im Zusammenhange stehenden, Verhältnisse 1:28 800 oder $1'' = 400^{\circ}$ angefertigt worden. In neuester Zeit werden die Militär-Detailsaufnahmen

*) Mit Erlass des Ministeriums für Cultus und Unterricht vom 26. März 1883, Z. 5485, ist den Schulen nachfolgende Bezeichnung der Längen- und Flächenmaße vorgeschrieben worden:

Längenmaße	{	Kilometer = km	Flächen-	maße	{	Quadratkilometer = km ²	Hektar = ha
		Meter = m				" meter = m ²	Ar = a
		Decimeter = dm				" decimeter = dm ²	
		Centimeter = cm				" centimeter = cm ²	
		Millimeter = mm				" millimeter = mm ²	

Vor dem Jahre 1876 galt in Österreich allgemein das Wiener Maß wie folgt:

Längenmaße	{	1 öst. Postmeile = 4000 ⁰ (Wr. Klafter) = 7585936 km
		1 Wiener Klafter = 6' (Wr. Fuß) = 1896484 m
		1 " Fuß = 12'' (Wr. Zoll) = 0316081 m
		1 " Zoll = 12''' (Wr. Linien) = 263401 cm
Flächenmaße	{	1 öst. □Meile = 10 000 nied. öst. Joch = 5754642 km ²
		1 nied. öst. Joch = 2 Strich = 1600□ ⁰ = 5754642 a
		1 □ ⁰ = 36 □' = 3596652 m ²
		1 □' = 144 □'' = 0999907 m ²
		1 □'' = 144 □''' = 69380 cm ²

im Maßstabe 1 : 25 000 ausgeführt und im Maßstabe 1 : 75 000 veröffentlicht. (Generalstabskarten.)

Bei kleineren Situationsplänen sind oft die bestehenden Bauordnungen für das betreffende Kronland maßgebend.

So schreibt z. B. die Bauordnung der k. k. Reichshaupt- und Residenzstadt Wien (L.-G. v. 17. Jänner 1883) vor, dass die Abtheilungspläne im Maßstabe von 1 : 360 auszufertigen sind. Bei größeren Grundflächen wird jedoch gestattet, dass der Übersichtsplan im Maßstabe von 1 : 720 oder 1 : 1440 ausgeführt wird; dann sind aber die einzelnen Baugruppen in Detailplänen im Maßstabe von 1 : 360 vorzulegen.

A. Instrumente und Geräte zum Feldmessen.

§. 5. **Allgemeine Bemerkungen.** Der Feldmesser (Geometer) soll die Genauigkeit derjenigen Instrumente kennen, welche er zu seinen Arbeiten benöthigt. Dazu ist erforderlich, dass er mit der Einrichtung seiner Instrumente ganz vertraut ist; denn nur dann ist er in der Lage, die Richtigkeit derselben zu prüfen und vorkommende Fehler zu beseitigen. Mit dem Prüfen eines Instrumentes soll stets das Berichtigten (Rectificieren) desselben Hand in Hand gehen.

Da der menschliche Beobachtungssinn bei dem Aufwande der größten Aufmerksamkeit und bei Verwendung der vorzüglichsten Instrumente kleinen Fehlern unterworfen ist, so werden die Resultate einer und derselben Beobachtung doch kleine Verschiedenheiten zeigen. Das arithmetische Mittel dieser verschiedenen Resultate wird für unsere praktischen Bedürfnisse als das der Wahrheit nächstliegende beizubehalten sein.

Bildet man die Unterschiede zwischen den einzelnen Resultaten und dem arithmetischen Mittel, so gibt der Durchschnittswert dieser Unterschiede den sogenannten mittleren oder vielmehr den durchschnittlichen Fehler des Instrumentes, und diesen soll der Feldmesser bei allen seinen Instrumenten kennen, wenn er über den Grad der Genauigkeit seiner Arbeit im Klaren sein will.

Beispiel. Eine Gerade wurde als Basis einer größeren Aufnahme mit 4 m langen Messlatten, jedesmal mit Sorgfalt, gemessen.

Die Resultate der einzelnen Messungen sind:

$L_1 = 250\ 716\ m$	und die unterschiedlichen Werte:	716 mm
$L_2 = 250\ 602\ "$		602 "
$L_3 = 250\ 682\ "$		682 "
$L_4 = 250\ 592\ "$		592 "

$$2592 : 4 = 648\ mm$$

Summiert man hier nur die unterschiedlichen Einheiten der letzten Decimalen, so geben diese 648 zum arithmetischen Mittel. Demgemäß ergibt sich als mittlerer Wert der gemessenen vier Längen $M = 250\ 648\ m$

$$M - L_1 = -0\ 068$$

$$M - L_2 = +0\ 046$$

$$M - L_3 = -0\ 034$$

$$M - L_4 = +0\ 056$$

$$0\ 204 : 4 = 0\ 051$$

Bildet man die Summe der vier Unterschiede ohne Rücksicht auf das Vorzeichen, da es sich hier nur um die Größe derselben handelt, so ist der vierte Theil der Summe der durchschnittliche Fehler δ einer Messung, somit ist

$$\delta = \pm 0\ 051\ m$$

Das Fehlerverhältnis berechnet sich mit: $\frac{\delta}{M} = \frac{51}{250648} = \frac{1}{4914}$

Eine genaue Berechnung des mittleren Fehlers erfolgt durch die „Theorie der kleinsten Quadrate“.

Für unsere Zwecke ist die einfache, hier durchgeführte Berechnung des mittleren Fehlers vollkommen genügend, weil das Resultat von dem streng theoretischen nicht sehr abweichend ist.

§. 6. Bewegungen einzelner Instrumententheile. Die meisten Instrumente haben drehbare oder verschiebbare Theile, welche es ermöglichen, eine gewisse Bewegung mehr oder weniger einzuleiten oder ganz einzustellen. Die Verschiebung eines Theiles mit freier Hand heißt die grobe Bewegung, hingegen jene mittelst einer hiezu angebrachten eigenen Vorrichtung die feine Bewegung.

Um einzelne Theile eines Instrumentes mit einander in feste Verbindung zu bringen oder auch kleine, gleichförmige Bewegungen vorzunehmen, benützt man Schrauben, welche je nach ihrer Verwendung unter den Namen Stellschrauben, Klemmschrauben, Messschrauben u. s. w. vorkommen. Von diesen unterscheiden sich die sogenannten Rectificierschraubchen, welche zur Berichtigung der Instrumente dienen und nicht mit freier Hand, sondern mit eigenen, hiezu passenden Schraubenschlüsseln bewegt werden.

Wenn sich ganz kleine Verschiebungen dem zu bewegenden Instrumententheile nicht mittheilen, so sagt man, die feine Bewegung habe einen todten Gang.

Bei neueren Instrumenten wird der todte Gang der Schrauben beseitigt, indem man durch eine eingelegte Feder ein stetes Anliegen der Spindel an die Mutter bewirkt.

Soll ein Instrumenteheil nicht in einer bestimmten Ebene verschoben oder gedreht, sondern nach allen Richtungen bewegt werden können, wie dies beim Horizontalstellen von Ebenen der Fall ist, so kommt die sogenannte Kernbewegung in Anwendung.

Diese Kernbewegung wird bei neueren Instrumenten durch ein Kugelsegment hergestellt, welches gewöhnlich mit dem festen Theile des Instrumentes verbunden ist. Der bewegliche Theil des Instrumentes besitzt eine das Kugelsegment umschließende Schale und kann durch entsprechende Stellschrauben, welche im festen Theile des Instrumentes ihre Mutter haben, horizontal gestellt werden.

Für die Erhaltung eines Instrumentes ist eine öftere Reinigung und Einölung der häufig gebrauchten Schrauben nothwendig. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass man während der Arbeit mit thunlichster Schonung die einzelnen Bewegungen des Instrumentes durchführen soll, da jede unsanfte Behandlung dem Instrumente Schaden zu verursachen vermag.

Das Weitere hierüber wird bei der Beschreibung der betreffenden Instrumente erörtert werden.

Die beim Feldmessen in Anwendung kommenden Instrumente und Geräthe können in folgende Gruppen eingetheilt werden:

1. Bestandtheile einzelner Messinstrumente.
2. Mittel zum Bezeichnen der Punkte und Geraden auf dem Felde.
3. Instrumente und Geräthe zu Längenmessungen.
4. Instrumente zu Winkelmessungen.

1. Bestandtheile einzelner Messinstrumente.

a) Mittel zur Angabe verticaler und horizontaler Richtungen.

§. 7. **Das Loth (Senkel)** ist ein kegelförmiges an einer Schnur befestigtes Metallstück (Fig. 1), welches mit seiner Spitze nach unten hängt.

Da die Richtung der Schnur bei ruhig hängendem Senkel eine lothrechte oder verticale ist, so wird das Senkel zur Verticalstellung von Stäben u. dgl., ferner auch dazu benützt, um jenen Punkt auf dem Terrain zu bestimmen, welcher vertical unter dem Aufhängepunkte des Senkels liegt, oder um den Aufhängepunkt vertical über einen Terrainpunkt zu stellen.

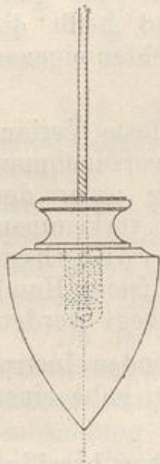


Fig. 1.

Die Senkelschnur wird gewöhnlich durch eine centriscch ausgebohrte Schraubenspindel gezogen und mit einem Knoten gesichert. Diese Schraubenspindel wird sammt der eingezogenen Schnur in das breite Ende des kegelförmigen Metallstückes eingeschraubt. Beim Einhängen wird sodann das Senkel praktisch, bei Anwendung gedrehter Schnüre, mit einer durch einfachen Zug lösbarer Schleife befestigt.

Um ein hängendes Senkel in jeder beliebigen Höhe feststellen zu können, verwendet man auch Senkel mit Gegengewicht. Die Senkelschnur ist mit einem Ende an dem Gegengewichte befestigt, geht über den Aufhängehaken, weiter durch das centriscch ausgebohrte Gegengewicht hindurch und trägt am anderen Ende das eigentliche Senkel. Ein aufgehängtes Senkel soll mit seiner Spitze beim Drehen der Schnur stets auf denselben Punkt zeigen.

§. 8. **Die Setzwage (Schrotwage)** dient zum Angeben der horizontalen oder wagrechten Richtung. Sie besteht aus einem gleichschenkligen, hölzernen Dreiecke abc (Fig. 2)

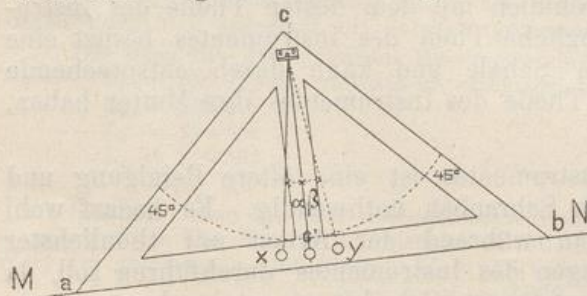


Fig. 2.

und aus einem nächst dem Punkte c befestigten Faden, welcher mit einem Bleilothe beschwert ist. Die Halbierungslinie des Winkels bei c ist entweder eingerissen, oder es ist nur eine Marke c' angegeben, auf welche das Bleilothe zeigen muss, wenn die Grundlinie des Dreieckes horizontal ist.

Um eine Setzwage auf ihre Richtigkeit zu prüfen, bringt man dieselbe mit der Grundlinie ab auf eine geneigte Unterlage MN , markiert den Standpunkt x des Senkbleies und setzt sie sodann in verkehrter Lage auf MN , so dass a und b den Platz wechseln. Bezeichnet man nun den zweiten Standpunkt y des Senkbleies, so muss die Halbierungslinie des Winkels xcy durch die Marke c' gehen; ist dieses nicht der Fall, so wird die Marke corrigiert. In Fig. 2 ist die zweite Lage der Senkelschnur durch die Linie cy angegeben.

Soll dieses Instrument zur Messung des Neigungswinkels einer Geraden gegen den Horizont dienen, so bringt man nach der in der Figur punktierten Bogenlinie einen Gradbogen an, dessen Nullpunkt mit der Mittelmarke c' übereinstimmt und dessen Theile auf dem Gradbogen, rechts und links vom Nullpunkte, angegeben sind. So würde z. B. der zwischen c' und x liegende Bogen dem Neigungswinkel der Geraden MN gegen den Horizont entsprechen. Ein so construiertes Instrument heißt „Bergwage“ oder Klitometer.

§. 9. **Die Libelle (Wasserwage)** dient zur Angabe der horizontalen Richtung. Sie wird bei genaueren Arbeiten der Setzwage vorgezogen und bei feineren Messinstrumenten ausschließlich angewendet. Man unterscheidet Röhren- und Dosenlibellen.

Die Röhrenlibelle besteht im Wesentlichen aus einer cylindrischen schwach gekrümmten Glasröhre ab (Fig. 3), welche bis auf einen kleinen Theil mit Weingeist oder Schwefeläther gefüllt ist, wodurch bei m eine Luftblase gebildet wird, welche immer die höchste Stelle in der Röhre einzunehmen trachtet. Zum Schutze der Glasröhre ist diese mit einer metallenen Fassung umgeben, die von c bis d ausgeschnitten ist, damit man den Stand der Luftblase, bei Benützung der an der Glasröhre hergestellten Theilung, beobachten kann. Bei f und g ist die Röhre unterstützt, u. zw. ist bei g ein drehbares Lager (Drehungspunkt), bei f ein Rectificierschräubchen, mit welchem man dieses Ende der Röhre heben oder senken kann.

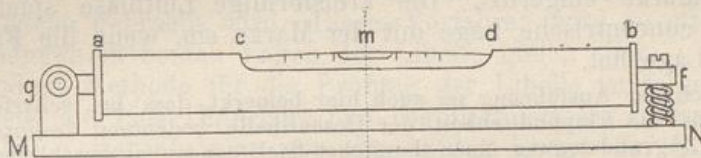


Fig. 3.

Zur Verhinderung eines todtten Ganges der Rectificierschraube ist eine nach aufwärts wirkende Spiralfeder um die Schraubenspindel bei f eingelegt. Feinere Libellenröhren sind nicht gebogen, sondern es wird die cylindrische Glasröhre innen nach einem flachen Kreisbogen ausgeschliffen. Denkt man sich durch den bei m angeordneten Theilungsmittelpunkt eine Tangente an die Krümmung der Röhrenfläche gezogen, so nennt man diese die Libellenachse.

Bei einer richtigen Libelle muss die Achse parallel zur Basis MN d. h. zum Auflager der Libelle, sein. Befindet sich die Luftblase genau in der Mitte zwischen den von der Mittelmarke symmetrisch angegebenen Theilstrichen, so nennt man dies das „Einspielen der Luftblase“. In dieser Lage ist die Libellenachse horizontal und somit auch jede zur Achse parallele Gerade. Wenn jedoch die Luftblase dieser Libelle von der Theilungsmittelpunkt abweicht, so nennt man die Abweichung den „Ausschlag der Luftblase“. Im letzteren Falle ist die Libellenachse gegen den Horizont geneigt, somit auch die zur Achse parallele Lagerfläche der Libelle. Um die Größe des Ausschlages der Luftblase bei irgend einer Lage der Libelle genau zu ermitteln, macht man die Ablesungen, welche sich an beiden,

Enden der Luftblase an der Theilung ergeben, und nimmt aus diesen das arithmetische Mittel.

Je größer der Ausschlag der Luftblase bei einer bestimmten Neigung der Lagerfläche ist, desto größer ist die „Empfindlichkeit“ der Libelle. Die Empfindlichkeit einer Libelle ist hauptsächlich von der Größe des Krümmungshalbmessers der Röhre abhängig und nimmt zu, wenn dieser größer wird; sie soll immer dem Zwecke der Arbeit entsprechend sein. Zu empfindliche Libellen sind oft zeitraubend, und weniger empfindliche vermindern die Genauigkeit einer Arbeit.

Hat die Libelle eine ebene Unterlagsfläche, so heißt sie „Setzlibelle“ oder „Tischlibelle“; sind die Träger der Libelle unten derart ausgeschnitten, so dass dieselbe auf eine cylindrische Unterlage gestellt werden kann, so heißt sie „Reiterlibelle“; enden die Träger oben hakenförmig aus, um die Libelle mit diesen an einer Achse aufhängen zu können, so nennt man sie eine „Hängelibelle“.

Zum Unterschiede von den Röhrenlibellen nennt man jene Libellen, welche aus einem kreisrunden, oben mit einem Glasdeckel abgeschlossenen und bis auf einen kleinen Theil mit Weingeist oder Schwefeläther gefüllten Gehäuse bestehen, „Dosenlibellen“. Das Gehäuse ist gewöhnlich mit drei Schraubchen, welche zum Rectificieren dienen und vom Centrum aus um 120° von einander abstehen, auf eine Fußplatte aufgeschraubt. Der oben abschließende Glasdeckel, von etwa 5–8 cm Durchmesser, ist innen concav, kugelförmig ausgeschliffen und hat einen kleinen Kreis oder ein Kreuz als Marke eingeritzt. Die kreisförmige Luftblase spielt ein, d. h. nimmt eine concentrische Lage mit der Marke ein, wenn die Fußplatte eine horizontale Lage hat.

Bezüglich der Ausführung sei auch hier bemerkt, dass bei scharfer Krümmung des Glasdeckels die Empfindlichkeit der Dosenlibelle bedeutend beeinträchtigt wird, hingegen bei Zugrundelegung einer thunlichst flach concav ausgeschliffenen Glasplatte die genaue Ausführung der Kugeloberfläche Schwierigkeiten begegnet, weshalb genaue Dosenlibellen kostspielig sind und seltener als die Röhrenlibellen praktische Anwendung finden.

§. 10. **Prüfung und Berichtigung der Libellen.** Ist ab (Fig. 4) die innere Krümmung einer Röhrenlibelle, und setzt man letztere mit ihrer

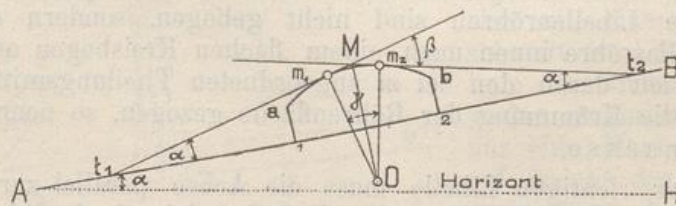


Fig. 4.

Basis auf eine beliebig geneigte Ebene in der Geraden AB , so ist die Tangente $m_2 t_2$ im Spielpunkte m_2 der Blase horizontal, und $\sphericalangle m_2 t_2 2 = \sphericalangle \alpha$ d. h. gleich dem Neigungswinkel der Geraden AB mit dem Horizonte. Stellt man hierauf die Libelle in entgegengesetzter Lage auf AB , so dass 1 und 2 ihre Orte wechseln, so kommt $m_2 t_2$ nach $m_1 t_1$, und die Tangente an dem Spielpunkte m_1 , welcher jetzt nach m_2 zu liegen kommt, ist nun auch wieder horizontal. Hieraus folgt:

$$\sphericalangle m_1 t_1 1 = \sphericalangle m_2 t_2 2 = \sphericalangle \alpha$$

somit: $\sphericalangle \beta = 2\alpha$; und der von den Halbmessern $m_1 O$ und $m_2 O$ gebildete $\sphericalangle \gamma = \sphericalangle \beta = 2\alpha$.

Wenn man demnach eine Libelle in zwei entgegengesetzten Lagen auf eine beliebig geneigte Gerade AB setzt und an der Theilung den jedesmaligen Stand der Blasenmitte bei m_1 und m_2 abliest, so entspricht der Bogen $m_1 m_2$ dem doppelten Neigungswinkel der Geraden AB gegen den Horizont. Denkt man sich den Bogen $m_1 m_2$ bei M halbiert und senkt die Ebene bei B bis die Blase bei der Marke M einspielt, so wird dadurch AB horizontal. Da MO den Winkel γ halbiert, somit senkrecht auf AB und auf der in M gedachten Tangente steht, so folgt, dass AB zu dieser Tangente parallel ist.

Eine gute Libelle muss demnach die Bedingung erfüllen, dass die Basis horizontal ist, wenn die Blase einspielt. Die Prüfung ergibt sich aus der vorhergehenden Betrachtung.

Man setzt die Röhrenlibelle auf eine sehr schwach geneigte Ebene und notiert die Ablesung α_1 am Spielpunkte m_1 der Luftblase. Kehrt man jetzt die Libelle um 180° und setzt sie abermals auf dieselbe Unterlage, so müsste, wenn die Libellenachse parallel zur Unterlage ist, die Ablesung abermals α_1 sein. Ergibt sich aber in der zweiten Lage am Spielpunkte m_2 die Ablesung α_2 , so kommen, dem Bogen $m_1 m_2$ entsprechend $(\alpha_1 + \alpha_2)$ Theile in Betracht und ist daher die Mitte der Luftblase um $\frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_2)$ Theile von m_1 und m_2 entfernt. Man hebt oder senkt nun mittelst des Rectificierschraubchens f in Figur 3 das Ende der Libelle so lange, bis die Ablesung das arithmetische Mittel $\frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_2)$ ergibt, wodurch die Libellenachse parallel zur Unterlagsfläche gebracht wird. Dieses Verfahren wird so oft wiederholt, bis die Ablesungen in beiden Lagen der Libelle gleich sind.

Eine andere Methode für die Prüfung der Libelle ist folgende: Man setzt die Libelle auf eine Unterlage und reguliert letztere so lange, bis die Blase einspielt. Vertauscht man nun die beiden Enden der Libelle durch Umsetzen, so muss die Blase wieder einspielen, wenn die Libelle richtig ist. Zeigt die Blase in der zweiten Lage einen Ausschlag von der Mitte, so entspricht dieser nach den vorhergehenden Betrachtungen dem doppelten Neigungswinkel der Geraden gegen den Horizont. Man ändert jetzt die Lage der Geraden um den halben Ausschlag, wodurch letztere horizontal wird, und beseitigt mittelst des Rectificierschraubchens f die andere Hälfte des Ausschlages. Dieses Verfahren ist so lange zu wiederholen, bis die Blase in beiden Lagen einspielt; dann ist die Libelle berichtigt, und zugleich die Unterlage horizontal gestellt worden.

Die Prüfung einer Dosenlibelle erfolgt im Sinne der vorher angegebenen Methoden, jedoch in zwei auf einander senkrechten Richtungen. Man setzt die Dosenlibelle so auf eine Unterlage, dass das Heben und Senken derselben in der Richtung zweier Schraubchen h_1 und h_2 stattfinden kann. Der beim Drehen der Libelle um 180° sich zeigende Fehler wird mit diesen Schraubchen beseitigt. Nun setzt man die Libelle in einer zur früheren Stellung senkrechten Richtung auf die Unterlage und corrigiert in dieser Richtung mit dem dritten Schraubchen h_3 .

Die gewöhnlichen Dosenlibellen haben keine Rectificierschraubchen und sind dann nur für untergeordnete Arbeiten verwendbar.

§. 11. **Anwendung der Libellen.** Die Libellen benützt man zum Horizontalstellen von Geraden und Ebenen. Um eine Gerade AB (Fig. 4)

horizontal zu stellen, setzt man die Libelle mit ihrer Basis auf AB . Da hier B höher liegt, wird die Blase gegen B hin ausschlagen, und man hat somit den Endpunkt B so lange zu senken, bis die Blase einspielt. Soll eine Ebene horizontal gestellt werden, so sind zwei sich schneidende Geraden derselben horizontal zu stellen.

Die horizontal zu richtende Ebene E sei durch die drei Stellschrauben a , b und c (Fig. 5) getragen. Man stellt die Libelle L zunächst in die Richtung der Verbindungslinie ab auf die Ebene und richtet diese Gerade durch entgegengesetztes Drehen der Schrauben a und b horizontal. Zeigt die Blase z. B. einen Ausschlag gegen b hin, so ist b zu hoch und a zu tief;

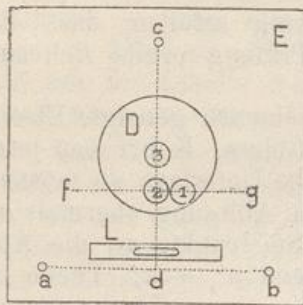


Fig. 5.

daher wird mit der Schraube b gesenkt und gleichzeitig mit der Schraube a gehoben, bis die Blase genau einspielt. Nun legt man die Libelle in die zu ab senkrechte Richtung cd auf die Tischfläche und richtet mit Benützung der Schraube c die Gerade cd horizontal. Man senkt mit der Schraube c , wenn die Blase gegen c ausschlägt, oder hebt mit derselben, wenn die Blase gegen d ausschlägt, bis man ein genaues Einspielen derselben erreicht hat. Dieses Verfahren wird so lange wiederholt, bis die Libelle in den beiden vorgenannten Lagen genau einspielt.

Wenn die dritte Stellschraube c durch eine, die Ebene aufwärts drückende, Spiralfeder ersetzt ist, so wird die Gerade cd dadurch horizontal gerichtet, dass man den Punkt d durch gleichzeitiges Heben oder Senken der Punkte a und b hebt oder senkt, d. h. man dreht jetzt die Schrauben a und b in demselben Sinne, bis die Libelle genau einspielt.

Beim Horizontalstellen einer Ebene mittelst einer Dosenlibelle fällt das Umsetzen der Libelle weg, indem diese in die Mitte der horizontal zu richtenden Ebene E (Fig. 5) aufgesetzt wird und in dieser Lage D verbleibt. Man bringt durch entgegengesetztes Drehen der Schrauben a und b die Luftblase, welche z. B. in 1 steht, so weit, bis sie in die Lage 2 kommt, hierauf wird sie mit der Schraube c in die Lage 3 gebracht, so dass sie mit der Marke eine concentrische Lage einnimmt. Die Richtungen fg und cd , in welchen der Mittelpunkt der Blase fortschreitet, sind nur gedachte, weshalb dieses Verfahren beim ersten Vorgange gewöhnlich noch nicht zum Ziele führt, sondern so oft wiederholt werden muss, bis die Blase genau einspielt.

Im Bauwesen finden die Libellen eine besondere Anwendung in Verbindung mit einem Richtscheite als Bausetzwagen zur Angabe horizontaler und verticaler Richtungen, auch in Verbindung mit einem Gradbügel oder Gradbogen zum Einmessen der Neigungen geböschter Flächen.

b) Visiermittel.

§. 12. **Einleitende Bemerkungen.** Eine Visierlinie oder ein Visierstrahl ist ein durch zwei bestimmte Punkte gehender Sehstrahl; die horizontale Projection desselben heißt die zugehörige Visierrichtung. Visierebene oder kurzweg Visur ist jene verticale Ebene, welche durch einen bestimmten Visierstrahl geht. Das Einstellen nach einer Visur nennt man das Visieren.

Jene Instrumente, an welchen zwei feste Punkte, Absehen oder Visiere, so angeordnet sind, dass durch Vorüberstreifen des Sehstrahles an denselben ein bestimmter Visierstrahl erhalten und dessen Visierrichtung bestimmt wird, heißen Visierinstrumente.

Bei diesen können auch eine Gerade und ein fester Punkt, oder zwei in einer Ebene liegende Geraden zur Herstellung von Visuren angeordnet werden.

§. 13' **Das Fernrohr im allgemeinen.** Wenn ein entfernter Gegenstand deutlich gesehen werden soll, so bedient man sich eines Fernrohres. Dieses besteht in seiner einfachsten Form aus zwei Linsen, einer größeren L (Fig. 6), welche Objectivlinse heißt, und einer kleineren l , Ocularlinse genannt.

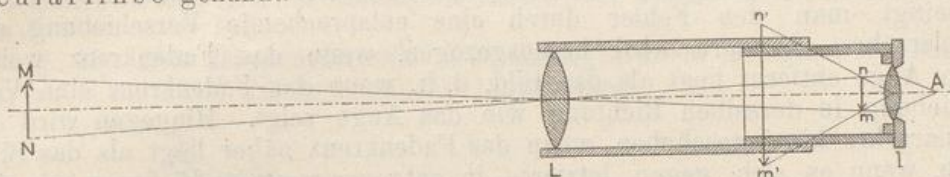


Fig. 6.

Die beiden Linsen sind in zwei, in einander verschiebbaren, Röhren (der Objectivröhre und der Ocularröhre), so befestigt, dass ihre optischen Achsen mit der gemeinsamen Röhrenachse zusammenfallen.

Durch die Objectivlinse L wird von einem entfernten Gegenstande MN das verkehrte Bild mn im Inneren der Röhre erzeugt und durch die Ocularlinse l , welche hier als Lupe wirkt, in $m'n'$ vergrößert.

Dieses Fernrohr gibt verkehrte Bilder und heißt astronomisches oder Kepler'sches Fernrohr, zum Unterschiede von den sogenannten terrestrischen Fernrohren, welche durch Einschaltung einer dritten Linse aufrechte Bilder erzeugen. Letztere finden für geodätische Zwecke weniger Anwendung, weil sie nicht so helle und deutliche Bilder geben wie die astronomischen Fernrohre.

Die Ocularröhre ist entweder mit freier Hand oder durch eine eigene Vorrichtung in der Objectivröhre verschiebbar. Diese Verschiebung wird so lange durchgeführt, bis das vergrößerte Bild $m'n'$ in der deutlichen Sehweite erscheint. Die Ocularröhre ist daher für weiter entfernte Gegenstände hineinzuschieben, für näher liegende aber herauszuziehen.

Die Fernrohrlänge ist gewöhnlich gleich der Summe der Brennweiten beider Linsen. Die günstigste Entfernung des Auges von der Ocularlinse entspricht nahezu der Brennweite dieser Linse, weil an diesem Orte (Augenpunkte) das beobachtete Bild am hellsten erscheint.

§. 14. **Das geodätische Fernrohr.** Soll das Fernrohr als Visiermittel zu geodätischen Zwecken dienen, so erhält es an jener Stelle, wo das durch die Objectivlinse erzeugte Bild des beobachteten Gegenstandes entsteht, das sogenannte Fadenkreuz, d. h. zwei rechtwinklig zu einander gespannte feine Spinnenfäden oder Platindrähte, die gewöhnlich auf das Diaphragma aufgeklebt sind.

Das Fadenkreuz muss stets genau mit der Bildebene zusammenfallen, sonst ist eine Parallaxe vorhanden, d. h. es ist eine Verschiebung des Fadenkreuzes gegen das Bild bemerkbar, sobald man das Auge vor der Ocularlinse hin und her bewegt.

Die Berichtigung der Parallaxe erfolgt dadurch, dass man die Ocularlinse in Bezug auf das Fadenkreuz in die deutliche Sehweite einstellt, bis das letztere vollkommen scharfe, schwarze Linien zeigt, wenn das Fernrohr gegen den freien Himmel oder eine helle Fläche, gerichtet wird. Zu diesem Zwecke ist entweder das Diaphragma mit dem Fadenkreuze oder die Ocularlinse verschiebbar.

Beim Beobachten eines Gegenstandes wird die Ocularröhre sammt dem Fadenkreuze gegen das Objectiv so lange verschoben, bis das Bild dieses Gegenstandes scharf und deutlich gesehen wird. Nun bewegt man das Auge vor der Ocularlinse auf- und abwärts oder seitwärts und sieht nach, ob sich dabei die Lage des Bildes zum Fadenkreuze ändert. Ist dieses der Fall, so beseitigt man den Fehler durch eine entsprechende Verschiebung der Ocularröhre. Letztere wird herausgezogen, wenn das Fadenkreuz weiter vom Auge entfernt liegt als das Bild, d. h. wenn das Fadenkreuz eine Verschiebung in derselben Richtung wie das Auge zeigt. Hingegen wird die Ocularröhre hineingeschoben, wenn das Fadenkreuz näher liegt als das Bild, d. h. wenn es sich gegen letzteres in entgegengesetzter Richtung wie das Auge verschiebt. Diese Prüfung auf die Parallaxe ist namentlich beim Distanzmessen und Nivellieren von besonderer Wichtigkeit und wird in solchen Fällen bei jeder Beobachtung vorgenommen, so dass dann stets Bild und Fadenkreuz in derselben Ebene, und zwar in der deutlichen Sehweite des Beobachters, liegen.

Für einen und denselben Beobachter ist selbstverständlich die Stellung des Fadenkreuzes zum Oculare nur einmal zu machen, während die Verschiebung der Ocularröhre sammt dem in letzterer befestigten Fadenkreuze auch von demselben Beobachter jedesmal vorgenommen werden muss, wenn sich die Entfernung des anvisierten Gegenstandes vom Beobachtungsorte ändert.

In Fig. 7 ist ein Ocular dargestellt, welches ein in der Ocularröhre festsetzendes Fadenkreuz hat. Das Ocular besteht aus zwei Linsen l_1 und l_2 , welche in dem eingeschraubten Rohrstücke o_1 eingesetzt sind und sammt diesem in der Ocularröhre o_2 mittelst des angeordneten Schraubengewindes gegen das Fadenkreuz verstellbar sind.

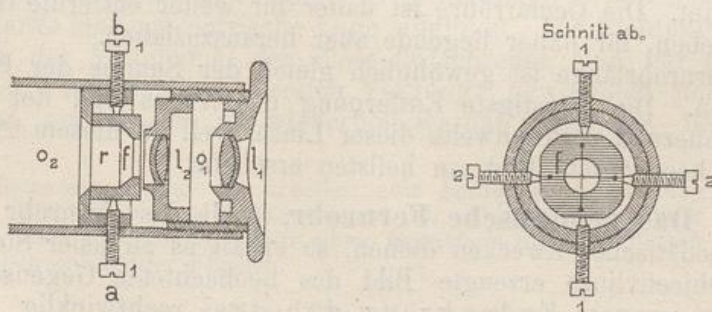


Fig. 7.

In den meisten Fällen wird der Ring r durch zwei Paare Fadenkreuzschraubchen 1,1 und 2,2 (siehe Schnitt ab) festgehalten, kann aber bei gelüfteten Schraubchen senkrecht zur Fernrohrachse so verschoben werden, dass der Fadenkreuzungspunkt genau in die optische Achse zu liegen kommt.

Beim geodätischen Fernrohre bilden der Fadenkreuzungspunkt und der optische Mittelpunkt des Objectives die beiden Absehen für das Visieren. Die Verbindungslinie dieser zwei Punkte heißt die Visierlinie, Collimationsachse oder optische Achse des Fernrohres. Die Lage dieser Achse lässt sich durch die vorhin erwähnte Verschiebung des ganzen Diaphragmas mittelst der vier Stellschraubchen regulieren. Das sogenannte Anvisieren eines Punktes erfolgt dadurch, dass man das Bild desselben mit dem Fadenkreuzungspunkte zusammenfallen lässt. In diesem Falle geht die Verlängerung der Collimationsachse durch den anvisierten Punkt.

Oft ist es für einzelne Arbeiten hinreichend, wenn sich ein beliebiger Punkt des Vertical- oder Horizontalfadens mit einem beliebigen Punkte einer verticalen, bezw. horizontalen Geraden im Bilde decken, wie dieses beim Ausstecken von Geraden oder beim Nivellieren der Fall ist.

§. 15. **Das Diopterlineal.** Für untergeordnete Arbeiten verwendet man als Visiermittel das gewöhnliche Diopterlineal.

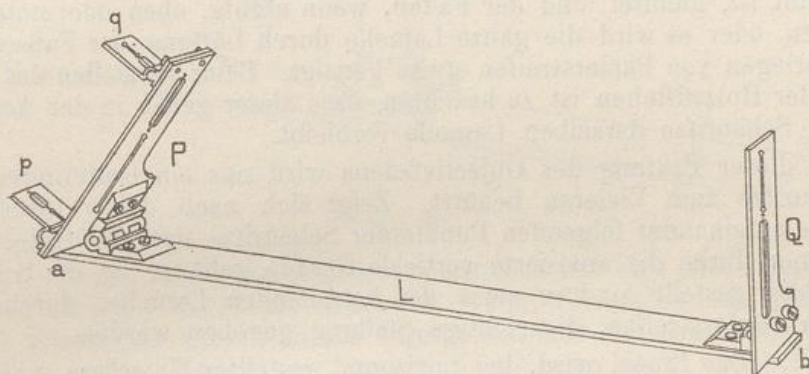


Fig. 8.

Dieses besteht aus einem Messinglineale L (Fig. 8) mit zwei senkrecht darauf gestellten Lamellen P und Q , welche durch Charniere befestigt und mithin umlegbar sind. Jede Lamelle besitzt, verwechselt angeordnet, eine schmale Schauritze und eine fensterartig durchbrochene Öffnung, welche letztere mit einem eingespannten Faden, Objectivfaden, (feines Rosshaar) versehen ist. Das Diopterlineal ist so construiert, dass die Schauritzen und die eingespannten Fäden der beiden Lamellen, sowie die Linealkante ab in einer zur unteren Linealfläche senkrecht stehenden Ebene liegen.

Wird dieses Lineal auf eine horizontale Ebene gelegt, so liegen die Absehen oder Diopter in einer durch die Linealkante gehenden Verticalenebene, und es gibt die an der Linealkante ab gezogene Linie die Horizontalprojection, d. i. die Visierrichtung sämtlicher durch die Absehen gehenden Visierlinien an.

Damit ein Diopterlineal bei sehr hoch oder tief gehenden Visierlinien benützt werden kann, bedient man sich zweier kleiner Lamellen, der Bergdiopter p und q , welche auf einer der größeren Lamellen angebracht und auch mittelst angeordneter Charniere zum Umklappen eingerichtet sind. Beim Gebrauche derselben neigt man die größere Lamelle P entsprechend gegen die Linealfläche und klappt die kleineren Lamellen p und q auf.

Das Diopterlineal ist an seiner Unterfläche mit geglättetem Papiere oder mit Strohstreifen zu bekleben, damit ein Beschmutzen der Zeichnungsfläche beim Verschieben des Messinglineales thunlichst vermieden wird.

§. 16. **Prüfung und Berichtigung des Diopterlineales.** Bei einem richtigen Diopterlineale ist erforderlich, dass:

1. die Absehen in einer auf der unteren Linealfäche senkrecht stehenden Ebene liegen;
2. die Visierebene durch die Linealkante geht.

Die Linealkante muss vor allem genau geradlinig sein, was durch das Ziehen einer Bleistiftlinie auf ebener Unterlage entlang der Linealkante, darauf folgendes Umwenden des Lineales um 180° und Anlegen desselben an der gezogenen Linie erprobt werden kann.

Zu 1. Man legt das Lineal auf eine horizontale Ebene und richtet die Visur, von einem Punkte der schmalen Schauritze aus, auf eine entfernte Verticallinie (Mauerkante u. s. w.). Streift hierbei der Objectivfaden seiner ganzen Länge nach die Verticallinie, so ist derselbe ebenfalls vertical; trifft dies nicht zu, so werden die zwei Holzstiftchen, mit welchen der Faden eingespannt ist, gelüftet, und der Faden, wenn nöthig, oben oder unten etwas verschoben, oder es wird die ganze Lamelle durch Lüftung der Fußschrauben und Unterlegen von Papierstreifen etwas geneigt. Beim Verstellen des Fadens mittelst der Holzstiftchen ist zu beachten, dass dieser genau in der Achse der schmalen Schauritze derselben Lamelle verbleibt.

Bei dieser Prüfung des Objectivfadens wird nur ein bestimmter Punkt der Schauritze zum Visieren benützt. Zeigt sich nach dieser Berichtigung durch die aufeinander folgenden Punkte der Schauritze, dass der Objectivfaden nicht immer durch die anvisierte verticale Gerade geht, so ist die Schauritze nicht richtig gestellt und es muss der betreffenden Lamelle, durch Unterlegen von Papierstreifen, die richtige Stellung gegeben werden.

Zu 2. Das Lineal wird, bei horizontal gestellter Unterlage, nach einer entfernten Verticallinie gerichtet und auf der Unterlagsfläche eine Bleistiftlinie längs der Linealkante ab gezogen. Legt man nun das Lineal ganz um, so dass die Lamellen nach abwärts gerichtet sind, und bringt ab wieder an die gezogene Linie, so muss auch in dieser Lage der ganze Objectivfaden die Verticallinie streifen. Ist dies nicht der Fall, so corrigiert man den Objectivfaden durch kleine seitliche Verschiebungen bei vorheriger Lüftung der Fußschrauben.

Dieser Fehler ist bei einer annähernden Erfüllung obenstehender Bedingung graphisch kaum merkbar.

§. 17. **Das Fernrohr-Diopter (Kippregel, Perspectivlineal).**

Eine größere Genauigkeit beim Visieren erreicht man mit dem Fernrohr-Diopter. Dieses besteht aus einem Messinglineale L (Fig. 9), mit welchem der cylindrische Träger T des Fernrohres durch eine Fußplatte und vier Fußschrauben a verbunden ist. Mit dem Träger T steht das um die horizontale cylindrische Achse h drehbare und mit einem Fadenkreuze versehene Fernrohr MN in Verbindung, welches derart construiert ist, dass das Fernrohr im Kreise gedreht werden kann, wodurch das Ocular M mit dem Objective N ihre Orte wechseln. Vermöge dieses sogenannten „Durchschlagens des Fernrohres“ hat man nicht erst nöthig das ganze Instrument umzustellen, wenn man in der entgegengesetzten Richtung visieren will. Die beiden Achsenlager der Drehungsachse h und eine Libelle l ruhen auf einer gemeinsamen Unterlagsplatte P , welche einerseits in

zwei gegenüberliegenden Schraubenspitzen gelagert, andererseits durch eine Stellschraube *S* gehoben oder gesenkt werden kann, wodurch die Libelle zum Einspielen und die Drehungsachse *h* in eine horizontale Lage gebracht wird. Die Schraube *S* hat ihre Mutter in der den Träger *T* abschließenden Kopfplatte *K*, an welcher sich auch die Drehungspunkte der Platte *P* befinden. Zwischen den Platten *P* und *K* ist eine Feder eingelegt, welche mit der Schraube *S* in Gegenwirkung steht.

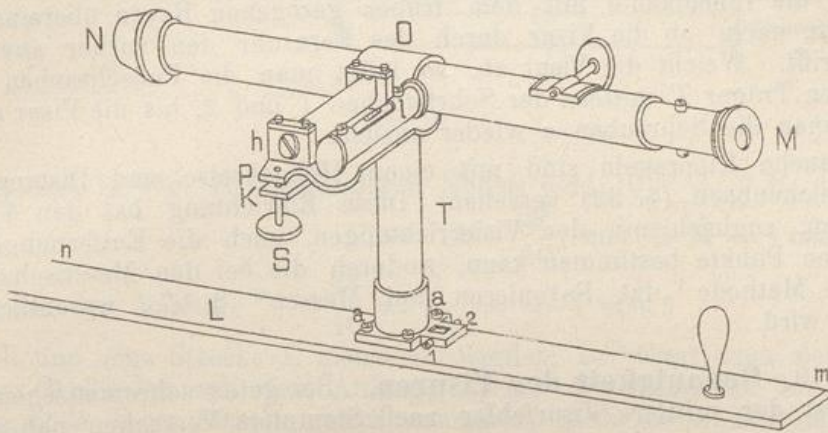


Fig. 9.

Gebrauch. Man stellt dieses Instrument auf eine horizontale Ebene, bringt die Libelle *l* durch die Schraube *S* zum Einspielen und richtet das Fernrohr gegen das anzuvisierende Object, so dass der Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes einen bestimmten Punkt des Objectes deckt. Zieht man nun an der Linealkante *mn* eine feine Bleistiftlinie (Rayon), so gibt diese die zugehörige Visierrichtung an.

§. 18. **Prüfung und Berichtigung des Fernrohrdiopters.** Zu untersuchen ist hiebei, abgesehen von den bereits besprochenen einzelnen Bestandtheilen dieses Instrumentes:

1. ob die Drehungsachse *h* beim Einspielen der Libelle *l* horizontal ist;
2. ob die optische Fernrohrachse senkrecht auf der Drehungsachse *h*;
3. ob die Linealkante *mn* in der Visierebene liegt.

Zu 1. Man stellt das Instrument auf eine horizontale Ebene und setzt eine diesem Instrumente beigegebene, gut rectificierte, Reiterlibelle auf die Drehungsachse *h*. Nun bringt man diese Libelle mittelst *S* zum Einspielen, wodurch *h* horizontal gestellt wird. Spielt nicht auch gleichzeitig die feste Libelle *l* ein, so wird sie durch ihr Rectificierschraubchen zum Einspielen gebracht.

Zu 2. Bei dieser Prüfung gibt es verschiedene Methoden, von welchen hier nur die in der Praxis am häufigsten angewendete erklärt werden soll.

Man stellt zunächst die Achse *h* horizontal, richtet die Visur nach einem entfernten, nahe am Horizonte gelegenen, Punkte, zieht längs der Linealkante eine feine Bleistiftlinie, setzt nun das Instrument in entgegengesetzter Richtung auf die Ebene, so dass die Linealkante genau an der Bleistiftlinie anliegt, schlägt das Fernrohr durch und sieht nach, ob die Visur wieder den vorhin anvisierten Punkt trifft. Ist dieses nicht der Fall, so zeigt die Ab-

weichung den doppelten Fehler und es wird nun die Visierlinie durch die zwei horizontal wirkenden Fadenkreuzschraubchen (§. 14) um die halbe Abweichung verschoben.

Zu 3. Diese Prüfung geschieht am einfachsten dadurch, dass man ein gewöhnliches gutes Diopterlineal auf eine horizontale Ebene stellt, nach einem entfernten Punkte visiert und längs der Linealkante eine feine Bleistiftlinie zieht. Nun stellt man die zu prüfende Kippregel auf diese Ebene, so dass die Linealkante mit dem früher gezogenen Rayon übereinstimmt, und sieht nach, ob die Visur durch das Fernrohr den vorher anvisierten Punkt trifft. Weicht die Visur ab, so lüftet man die Fußschrauben a und dreht den Träger T mittelst der Schraubchen 1 und 2, bis die Visur stimmt, worauf man die Schrauben a wieder anzieht.

Manche Kippregeln sind mit einem Höhenkreise und Distanzmesser nach Reichenbach (§. 32) versehen. Diese Einrichtung hat den Vortheil, dass man, zugleich mit den Visierrichtungen, auch die Entfernungen der anvisierten Punkte bestimmen kann, wodurch die bei den Messtischarbeiten bekannte Methode „das Rayonieren und Messen“ (§. 67), wesentlich vereinfacht wird.

§. 19. **Genauigkeit der Visuren.** Bei guten achromatischen Fernrohren ist der mittlere Visurfehler nach Stampfers Versuchen nahezu der Vergrößerung v proportional, d. h. er nimmt in demselben Verhältnisse ab, als die Vergrößerung wächst. Nimmt man bei gewöhnlichen Dioptern den mittleren Fehler erfahrungsgemäß mit 10 Secunden an, so beträgt derselbe bei einem guten Fernrohre mit mäßiger Vergrößerung $\frac{10}{v}$ Secunden.

Bei demselben Fernrohre nimmt jedoch der Visurfehler durch Steigerung der Vergrößerung nur bis zu einer gewissen Grenze ab, denn durch zu starke Vergrößerungen vermindert sich die Deutlichkeit und Klarheit des Bildes so stark, dass deshalb der Visurfehler wieder zunimmt. Für geodätische Zwecke sind deswegen Fernrohre mit mäßiger Vergrößerung vorzuziehen.

c) Mittel zur Messung sehr kleiner Linien und Winkel.

§. 20. **Nonien (Verniere).** Sollen eine Gerade oder ein Winkel mit besonderer Schärfe gemessen werden, so bedient man sich des Nonius oder Verniers; eines kleinen, längs des Maßstabes verschiebbaren und eingetheilten Stäbchens, welches zur Bestimmung der Bruchtheile der Maßstabtheilung dient. Man unterscheidet nach- und vortragende (nach- und vorausseilende) Nonien.

Bei den nachtragenden Nonien sind

$$n \text{ Noniustheile} = (n - 1) \text{ Maßstabtheilen,}$$

$$\text{daher 1 Noniustheil} = \frac{n - 1}{n} \quad "$$

Bezeichnet N einen Noniustheil und M einen kleinsten Maßstabtheil, so ist

$$N = \frac{n - 1}{n}. \quad M = M - \frac{M}{n} \quad \dots \quad 1)$$

Der Wert $\frac{M}{n}$, um welchen ein Noniustheil kleiner ist als ein Maßstabtheil, heißt die Noniusangabe.

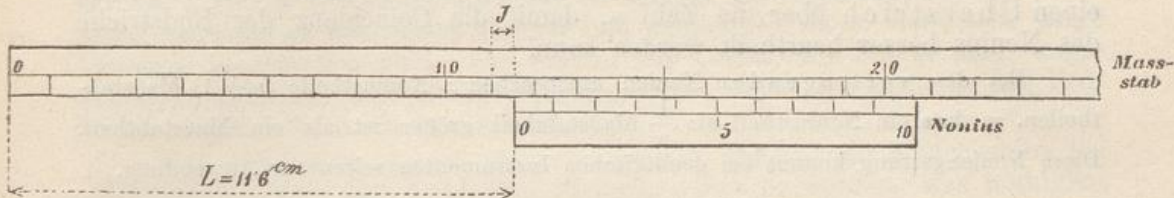


Fig. 10.

Bei dem in Fig. 10 dargestellten Nonius sind $10N = 9M$,

somit $N = M - \frac{M}{10}$, und da $M = 1 \text{ cm}$, so ist

die Angabe des Nonius $\frac{M}{10} = \frac{1}{10} \text{ cm} = 1 \text{ mm}$.

Soll nun eine Strecke L gemessen werden, so bringt man den Nullpunkt des Maßstabes mit dem Anfange, ferner den Nullpunkt des Nonius mit dem Ende dieser Strecke genau zusammen, zählt die Anzahl der Maßstabtheile vor dem Nullpunkte des Nonius und sieht nach, der wievielte Theilstrich des Nonius mit irgend einem Maßstabtheilstriche zusammentrifft (coincidiert). In Fig. 10 hat die Strecke L volle 11 Maßstabtheile und, da der 6te Theilstrich des Nonius coincidiert, ist die kleine Strecke $J = \frac{6}{10}$ Maßstabtheile $= 6 \text{ mm}$; daher ist $L = 11.6 \text{ cm}$.

Die Nonien für Winkelmessungen sind nach demselben Principe construirt wie bei geradlinigen Theilungen. Bei dem in Fig. 11 dargestellten Nonius sind

$$20N = 19M,$$

somit $N = M - \frac{M}{20}$;

wobei M den kleinsten Theil der Theilung am Kreise (Limbus) bezeichnet.

$$\text{Ist } M = \frac{1^\circ}{3} = 20',$$

so ist die Noniusangabe

$$\frac{M}{20} = \frac{20'}{20} = 1'.$$

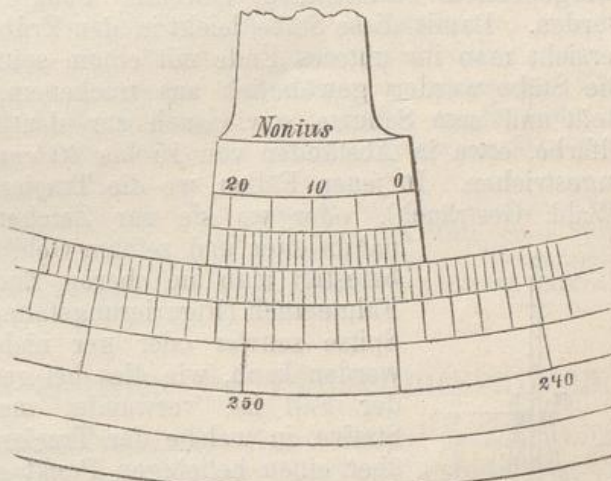


Fig. 11.

In Fig. 11 coincidiert der 11te Theilstrich des Nonius, folglich steht der Nullpunkt (Zeiger) des Nonius bei $244^\circ 20' + 11'$, d. h. bei $244^\circ 31'$.

Wenn kein Noniustheilstrich genau coincidiert, so nimmt man aus den der Coincidenz zunächst liegenden zwei Noniustheilen das arithmetische Mittel.] Wenn z. B. bei dem Nonius in Fig. 11 der 10te und 11te Theilstrich

der Coincidenz am nächsten liegen, so hat man $244^{\circ} 30' 5''$ als Ableseung zu verzeichnen. Da stets nachgesehen werden soll, ob die vom Coincidenztheilstriche gleichweit abstehenden Noniustheile gleiche Differenzen mit den entsprechenden Maßstabtheilen bilden, so erhalten die Nonien an ihren Enden einen Überstrich über die Zahl n , damit die Coincidenz der Endstriche des Nonius besser beurtheilt werden kann.

Bei den vortragenden Nonien entsprechen n Noniustheile $(n + 1)$ Maßstabtheilen, so dass ein Noniustheil um $\frac{1}{n}$ Maßstabtheil größer ist als ein Maßstabtheil. Diese Noniengattung kommt bei geodätischen Instrumenten selten zur Anwendung.

2. Mittel zum Bezeichnen der Punkte und Geraden auf dem Felde.

§. 21. **Allgemeine Bemerkungen.** Eine Aufnahme wird durch die Bestimmung der gegenseitigen Lage einer Anzahl von Punkten bewerkstelligt. Die Punkte werden je nach ihrer Wichtigkeit vorübergehend oder dauernd bezeichnet, wenn sie nicht schon z. B. durch Mauerkanten, Grenzsteine u. dgl. markiert sind. Die Bezeichnung der aufzunehmenden Punkte geschieht durch Absteckstäbe, Fluchtstäbe oder Traçierstäbe, Fahnenstangen, Pflöcke u. s. w. Mitunter benützt man zu diesem Zwecke auch Kirchthurmspitzen, hohe Bäume, Kilometersteine.

Da die horizontale Projection einer beliebig langen verticalen Geraden immer ein Punkt ist, so kann die Höhe der zur Bezeichnung eines Punktes verwendeten Stange beliebig gewählt werden.

§. 22. Die **Fluchtstäbe, Traçierstäbe, Figurierungsstangen** sind 2—3 m lange und 2.5 bis 3 cm starke runde Stäbe, welche zur vorübergehenden Bezeichnung einzelner Punkte oder Richtungen verwendet werden. Damit diese Stäbe leicht in den Erdboden gesteckt werden können, versieht man ihr unteres Ende mit einem spitzen, schmiedeeisernen Schuhe. Die Stäbe werden gewöhnlich aus trockenem, astlosen Tannenholze hergestellt und zum Schutze, sowie auch zur deutlicheren Sichtbarmachung, mit Ölfarbe, etwa in Abständen von 15 bis 20 cm, abwechselnd weiß und roth, angestrichen. In jenen Fällen, wo die Traçierstäbe schwer aufzufinden sind (Wald, Gesträuch), oder wo sie zur Zeichengebung zwischen dem Aufnahmsleiter und seinem Gehilfen (Figuranten) dienen sollen, befestigt man am oberen Ende des Stabes ein weiß-rothes Fahnentuch (Figurierungsfahne). Wenn ein Stab mit seiner Spitze schwer oder gar nicht in den Erdboden eingesetzt werden kann, wie dies bei gepflasterten Straßen in Städten der Fall ist, verwendet man eigens hiefür gefertigte Stative, in welche der Traçierstab eingesetzt und so leicht über einen beliebigen Punkt gestellt werden kann.

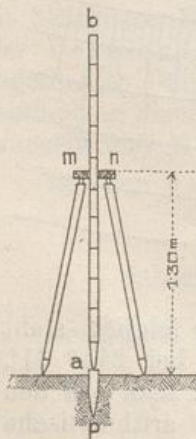


Fig. 12.

Ein solches Figurierungs-Stativ zeigt Fig. 12. Die Scheibe mn ist in der Mitte nur so weit zylindrisch ausgebohrt, dass der Traçierstab ab durch die Öffnung der Scheibe gesteckt und mit seiner Spitze über den Punkt P gestellt werden kann.

Zum Aufstellen der Fluchtstäbe oder zum Verlängern derselben kann man auch die sogenannten Doppelringe mit Gelenk

verwenden, welche auf die Fluchtstäbe aufgeschoben und festgeklemmt, eine genügend feste Verbindung derselben unter einander gestatten, und so die rasche Bildung eines Gestelles für eine aufzustellende Figurierungsstange ermöglichen.

Einfache **Absteckstäbe** dienen zur vorübergehenden Bezeichnung minder wichtiger Zwischenpunkte und ersetzen so die vorbeschriebenen Fluchtstäbe, an welchen man öfters Mangel hat, namentlich dann, wenn sehr lange Geraden auszustecken sind. Sie werden aus Latten, 1—1.5 m lang, zugeschnitten und unten mit einem Beile zugespitzt, damit sie leicht in den Erdboden eingeschlagen werden können.

Man achte stets darauf, dass die Signale, Flucht- und Absteckstäbe bei der Aufstellung in eine lothrechte Stellung gebracht werden, was nöthigenfalls mittelst eines frei gehaltenen Senkels zu bewerkstelligen ist.

§. 23. Die **Pflöcke** dienen entweder zur vorübergehenden, oder für die ganze Dauer der Feldarbeiten erforderlichen Bezeichnung der Punkte. Je nach ihrer Wichtigkeit werden sie aus weichem oder hartem Holze, 30—60 cm lang und 3—15 cm stark, hergestellt. Bei einer genaueren Bezeichnung der Punkte wird in das Kopfende des Pflockes (Fig. 13) ein großer geschmiedeter Nagel eingeschlagen.

Richtungspflöcke, d. h. Pflöcke zur Angabe der Richtung einer ausgesteckten Geraden, lässt man gewöhnlich 10 bis 15 cm über den Erdboden herausstehen, während man **Niveaupflöcke**, d. h. Pflöcke zur Angabe der Höhe des Terrainpunktes, mit dem Erdboden eben einschlägt und dahinter einen Zeiger- oder Nummerpflöck einsetzt (Fig. 14), welcher aus einem oben abgeplatteten runden Pflöcke oder einem Pflöcke von rechteckigem Querschnitte $\frac{3}{6}$ cm (Lattenpflöcke) besteht.

Das Kopfende aller Pflöcke soll möglichst eben sein; daher werden jene Pflöcke, welche sich beim Einschlagen bürsten, oben abgesägt. Zum Einschlagen der Pflöcke, das behufs Schonung ihrer Köpfe, namentlich bei festeren Bodenarten, vorsichtig durchzuführen ist, wird ein eiserner oder noch besser ein hölzerner Schlägel benützt.

Wenn die erforderlichen Richtungs- oder Höhenmarken bei einer Stadtaufnahme durch Pflöcke nicht bezeichnet werden können, so meißelt man mit Hilfe eines Spitz-eisens Kreuze in geeignete Steine, z. B. in Sockelsteine, Stiegenstufen, Pflastersteine, oder versetzt nöthigenorts besondere Marksteine und bezeichnet diese Marken außerdem mit einer gut sichtbaren Ölfarbe.

3. Instrumente und Geräte zu Längenmessungen.

§. 24. **Einleitende Bemerkungen.** Zum Messen gerader Linien werden je nach der verlangten Genauigkeit oder der Terrain-Gestaltung verschiedene Methoden und Mittel angewendet. Sehr wertvoll ist zunächst ein gut ausgebildetes Augen- und Schrittmaß, namentlich als Controle.

Beide können durch Übung zu einer ziemlichen Feinheit ausgebildet werden. Das Augenmaß wird durch wiederholtes Abschätzen gerader Linien von verschiedener Länge und Richtung bei nachheriger Abmessung geübt. Zur Einübung des Schrittmaßes kann nachfolgendes Verfahren empfohlen werden. Man gewöhne sich daran, eine Strecke von z. B. 60 m stets mit

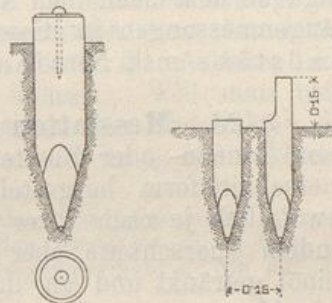


Fig. 13.

Fig. 14.

einer gleichen Schrittzahl abzuschreiten. Hat jemand nach dieser Übung gefunden, dass er 80 Schritte hierfür braucht, so ist sein mittleres Schrittmaß $60:80 = 0.75$ m.

Wenn er dann eine Strecke abschreitet, so braucht er nur die Anzahl der Schritte mit seinem Schrittmaße zu multiplicieren, um die annähernde Länge dieser Strecke zu bestimmen.

Die eigentlichen Mittel zur Längenmessung sind: Maßstäbe (ohne und mit Nonien), Messtangen, Messketten, Rollmessbänder und Distanzmesser.

§. 25. **Maßstäbe.** Diese sind mit einer genauen Theilung, welcher die landesübliche Einheit zu Grunde gelegt ist, versehene Stäbe, aus Holz oder Metall, von rechteckigem Querschnitte. Sie sind zumeist 1 oder 2 m lang und dienen zur genauen Messung kleinerer Strecken. Kommt hiebei das Ende der gemessenen Strecke zwischen zwei Theilstriche, so muss der fragliche Rest nach dem Augenmaße abgeschätzt werden. Bei ganz genauen Längenmessungen ist dieses Abschätzen nicht gestattet; man verwendet dann Maßstäbe mit Nonien (§. 20).

§. 26. **Messlatten oder Messtangen** werden aus trockenem, astlosen Tannen- oder Fichtenholze, 2–5 m lang, in rechteckiger oder runder Querschnittsform hergestellt. Bei rechteckigem Querschnitte erhalten sie gewöhnlich je nach ihrer Länge 2–3 cm Stärke und 3–6 cm Breite; bei rundem Querschnitte aber 4–5 cm Durchmesser. Sie werden mit heißem Leinöl getränkt und an ihren Enden mit einem Metallbeschlage versehen. Jede Messstange soll vor dem Gebrauche mit einem genauen Normalmaßstabe auf ihre Länge untersucht, und ein ihr etwa anhaftender Fehler notiert werden, damit derselbe in Rechnung gezogen werden kann. (Siehe auch §. 28). Beim Messen werden gewöhnlich zwei Messlatten von derselben Länge verwendet, weil die Arbeit dadurch rascher, verhältnismäßig billiger und genauer vor sich geht.

Bei Messungen in der Ebene verwendet man zu jeder Messlatte einen Arbeiter. Die Messlatten werden vom Anfangspunkte ausgehend in die Richtung der Geraden einvisiert und mit ihren Stirnflächen zusammenstoßend auf den Boden gelegt. Während die vordere Latte von dem betreffenden Arbeiter fest gegen den Boden gepresst wird, trägt der Hintermann seine Latte weiter, stellt dieselbe in die Richtung der zu messenden Geraden ein und schiebt sie sodann mit ihrer Endfläche gegen die vorhergehende sanft an u. s. w. Beim Weitertragen ruft der Arbeiter jene Zahl aus, welche seine Lattenlage anzeigt; der erste zählt somit nur die ungeraden Zahlen, der zweite nur die geraden. Diese Vorsicht ist wegen der gegenseitigen Controle streng zu beobachten. Der restliche Theil der zu messenden Geraden kann mit einem genauen Taschenmaßstabe abgemessen werden.

Bei Messungen auf geneigtem Terrain kommt das sogenannte „Staffelmessen“ in Anwendung. Da hier zu jeder Messlatte zwei Arbeiter nöthig sind, so zieht man es bei kleineren Aufnahmen vor, nur mit einer Messlatte zu arbeiten, wodurch die Auslagen für das Hilfspersonale verringert werden. Bei sehr hügeliger Terrainbeschaffenheit und andauernder Staffelmessung wird man stets mit Vortheil zwei Messlatten verwenden.

Soll die Strecke *AB* (Fig. 15) mit einer Messlatte gemessen werden, so legt man das eine Lattenende genau über *A* und richtet die Latte in die Gerade ein. Nun wird das andere Ende von dem betreffenden Arbeiter so lange eingestellt, bis die Latte eine annähernd horizontale Lage (1) hat. Dieses Ende der Latte senkelt man ab, trägt die Latte weiter, richtet sie in die Gerade ein, legt sie mit ihrem Ende genau an den eingesenkten Punkt auf dem Boden und bringt dieselbe schließlich in die horizontale Lage (2) u. s. w. Es ist vortheilhaft, mit dem Staffelmessen von oben nach unten fortzuschreiten.

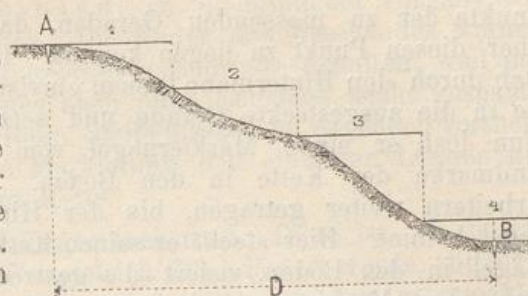


Fig. 15.

Das Horizontalrichten und das Absenkeln der Lattenenden besorgt der Aufnahmsleiter. Bei genauen Staffelmessungen verwendet man Messlatten mit aufgeschraubten Libellen oder Schrotwagen, damit die Arbeiter ihre Latten selbst in eine horizontale Lage bringen können. Will man beim Staffelmessen zugleich den Höhenunterschied zwischen den Endpunkten der zu messenden Geraden bestimmen, so geht man nach der im §. 159 erklärten Methode vor.

Hat man eine Bergwage zur Verfügung, mit welcher die jedesmalige Neigung der Geraden gegen den Horizont rasch bestimmt werden kann, so misst man die Länge *L* der geneigten Strecke und bestimmt ihren Neigungswinkel α ; die auf den Horizont reducierte Strecke ist dann:

$$l = L \cdot \cos \alpha \quad \dots \dots \dots 2).$$

Berechnet man von jeder Strecke das Product $L \cdot \cos \alpha$ und addirt diese Producte, so erhält man die Gesamtlänge der Geraden. Eine Neigung des Terrains bis zu 2° kann hiebei ganz unberücksichtigt bleiben.

§. 27. **Messketten** (Fig. 16) ergeben bei Längenmessungen weniger genaue Resultate als Messlatten, führen aber rascher zum Ziele. Die Messkette ist gewöhnlich 20 m lang und besteht aus einzelnen, 20 cm langen, durch Ringe zusammenhängenden Gliedern, welche aus 5—6 mm starkem Eisendrahte hergestellt werden. Die einzelnen Meter, insbesondere auch jeder 2te Meter sind durch größere Ringe, die Mitte aber durch einen besonders geformten Ring markiert. An den beiden Enden der Kette befinden sich Ringe zum Durchstecken der sogenannten Kettenstäbe *K*, welche zum Tragen, Einvisieren und Anspannen der Kette dienen. Zu jeder Messkette gehören ferner noch 10 Markiernägel *S* und zwei Kettenringe *R* zur Aufnahme derselben.

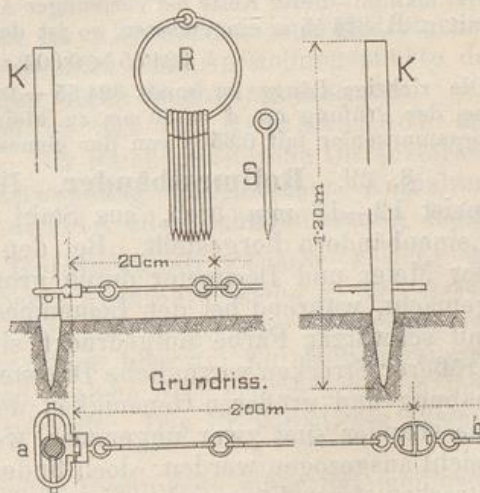


Fig. 16.

Beim Messen mit der Kette sind zwei Arbeiter erforderlich, welche die Enden der Kette mittelst der Kettenstäbe halten. Der Hintermann steckt seinen Kettenstab so zum Anfangs-

punkte der zu messenden Geraden, dass die Nullmarke der Kette genau über diesen Punkt zu liegen kommt. Der Vordermann lässt seinen Kettenstab durch den Hintermann genau einvisieren, spannt nun die Kette an, legt sie in die ausgesteckte Gerade und setzt den Kettenstab in den Boden ein. Nun löst er einen Markiernagel vom Schließringe *R* und steckt ihn zur Endmarke der Kette in den Boden. Sodann wird die Kette von den Arbeitern weiter getragen, bis der Hintermann zu dem ersten Markiernagel kommt. Hier steckt er seinen Kettenstab mit der Nullmarke über den Nagel in den Boden, visiert die gestreckte Kette in ihrer neuen Lage ein, zieht den Markiernagel heraus, steckt ihn auf seinen leeren Schließring *R* u. s. w. Die Anzahl der so gesammelten Markiernägel gibt die Anzahl der aneinander gereihten Kettenlängen. Beim Weitergehen soll die Kette ziemlich gespannt getragen werden, damit keine Verschlingungen der Kettenglieder eintreten. Der restliche Theil der zu messenden Länge kann mit einem guten Taschenmaßstabe bestimmt werden. Bei manchen Ketten fallen die Endmarken in die Achse der Kettenstäbe. Wie man in solchen Fällen beim Messen vorzugehen hat, ist leicht einzusehen.

Beim Messen auf unebenem Boden müssen die Enden der Messkette längs ihren Stäben soweit in die Höhe geschoben werden, bis die Kette eine möglichst horizontale Lage angenommen hat. Dabei achte man darauf, dass die Stäbe vertical stehen und die Kette gespannt gehalten wird.

§. 28. **Prüfung einer Messkette.** Es ist nothwendig jede Messkette öfters mit einem genauen Normalmaße zu prüfen, weil sie durch den Gebrauch häufig ausgedehnt wird. Bei dieser Prüfung wird die Kette auf einem Fußboden oder ebenem Terrain möglichst gerade ausgespannt. Kleinere Fehler werden notiert und in Rechnung gezogen.

Zeigt sich bei einer Untersuchung, dass die Kette, anstatt 20 *m*, eine Länge von $(20 \pm \delta)$ *m* hat, also um δ zu groß oder zu klein ist, so berechnet man zunächst den Fehler für 1 *m* = $\frac{\delta}{20}$ und notiert sich denselben. Ist z. B. $\delta = 40$ *mm*, so ist $\frac{40}{20} = 2$ *mm* der Fehler für 1 *m* bei einer vorgefundenen Kettenlänge von 20'04 *m* statt 20'00 *m*. Hat man mit dieser Kette bei vorläufiger Annahme von 20'00 *m* Kettenlänge eine Strecke mit z. B. 324'55 *m* eingemessen, so ist der Gesamtfehler dieser Messung:

$$324'55 \times 0'002 = 0'649, \text{ rund } 0'65 \text{ m}$$

Die richtige Länge ist somit $324'55 + 0'65 = 325'20$ *m*. Wenn aber eine Messkette bei der Prüfung um $\delta = 40$ *mm* zu klein befunden worden wäre, dann müsste der Gesamtfehler mit 0'65 *m* von der gemessenen Länge subtrahiert werden.

§. 29. **Rollmessbänder.** Diese werden 10, 20 bis 30 *m* lang, zu meist 12—16 *mm* breit, aus Stahl oder aus mit Stahldraht durchzogenen Leinenbändern hergestellt. Bei den Stahlmessbändern ist öfter die Theilung der Meter und Decimeter durch große und kleine Messingknöpfe ersichtlich gemacht, während bei den Leinenmessbändern die Theilstriche und Nummern mit schwarzer Farbe aufgedruckt sind. Die ersteren leisten beim Messen größerer Strecken vorzügliche Dienste und sind wegen ihrer leichteren Handhabung und größeren Genauigkeit den Messketten vorzuziehen. Die Leinenmessbänder sind zwar ungenauer, weil sie beim Gebrauche in feuchter Luft leicht ausgezogen werden; doch finden sie beim Messen von vielen und kurzen Strecken, deren Länge mit geringerer Genauigkeit anzugeben zulässig sein kann, häufig Verwendung. Beide Arten von Messbändern werden auf eigens hiefür dienende Vorrichtungen aufgerollt, wenn man sie außer Gebrauch setzt. Die Prüfung der Messbänder erfolgt ebenso wie vorher im §. 28 erklärt worden ist.

Beim Messen mit dem Messbände ist ein ähnlicher Vorgang wie beim Messen mit der Kette einzuhalten. Die Enden des Messbandes werden von den Arbeitern durch mitunter angeordnete Endringe gehalten, weil das Band vermöge des kleineren Gewichtes auch ohne Endstäbe leicht gespannt und weiter getragen werden kann. Beim Staffelmessen ist es jedoch vortheilhafter Endstäbe zu verwenden. Die Markierung der einzelnen Längen geschieht so wie beim Messen mit der Kette.

§. 30. **Genauigkeit einer Längenmessung.** Diese ist, wie bereits im Vorstehenden angeführt und im Beispiele (§. 28) erläutert wurde, abhängig von den regelmäßigen, vor dem Gebrauche zu ermittelnden, den Instrumenten selbst, allenfalls in Folge ungenauer Construction, anhaftenden Fehlern; ferner von den beim Gebrauche der Instrumente auftretenden, durch Ungenauigkeit beim Arbeitsvorgange verursachten, unregelmäßigen (positiven oder negativen) Fehlern.

Die Genauigkeit ist bei Benützung von Messlatten größer als die bei Messbändern, und bei Verwendung der Messbänder wieder größer als die bei Messketten. Der mittlere Fehler kann in allen Fällen proportional der Quadratwurzel aus der Länge angenommen werden.

Bezeichnet L die gemessene Länge, δ den mittleren Fehler der Längeneinheit, so ist der mittlere Fehler Δ der ganzen Länge:

$$\Delta = \delta \sqrt{L} \dots \dots \dots 3)$$

Nach Professor Lorber's Versuchen ergibt sich als mittlerer Fehler

bei Messungen mit 4 m langen Messstangen: $\Delta = 0.000927 \sqrt{L}$

" " " Stahlmessbändern: $\Delta = 0.00216 \sqrt{L}$

" " " Messketten: $\Delta = 0.003 \sqrt{L}$

so dass sich " der mittlere Fehler bei sorgfältiger Messung einer Geraden mit oben genannten Messgeräthen ungefähr wie 1:2:3 verhält.

In manchen Staaten bestehen für die größten zulässigen Fehler eigene Verordnungen. So sind diese z. B. in Württemberg nachfolgend bestimmt:

$\frac{1}{1000}$	der gemessenen Länge bei Steigungen unter 2%,	von 2—7%
$\frac{1}{1000}$	" " " " " "	noch größeren Steigungen.
$\frac{1}{1000}$	" " " " " "	

§. 31. **Distanzmesser** nennt man im Allgemeinen jene Instrumente, mit welchen man die Entfernung eines Punktes vom Aufstellungspunkte des Instrumentes aus gewissen Beobachtungen durch Rechnung bestimmt.

Unter den verschiedenen Systemen ist das von Reichenbach und jenes von Stampfer am bekanntesten. Der Reichenbach'sche Distanzmesser wird oft bei der in neuerer Zeit in Anwendung gekommenen Aufnahmemethode benützt, welche man Tachymetrie oder Schnellmessung nennt.

§. 32. **Distanzmesser nach Reichenbach.** Dieser besteht aus einem um eine horizontale Achse drehbaren Fernrohre (siehe §. 52), dessen Fadenkreuz nebst dem Horizontalfaden noch zwei in gleicher Entfernung und parallel zu diesem eingespannte Distanzfäden besitzt. Ein Höhenkreis am Fernrohre gestattet die Winkel abzulesen, welche die Fernrohrachse in jeder einzelnen Lage mit dem Horizonte einschließt. Das Princip dieses Distanzmessers ist das nachfolgende:

Befindet sich außerhalb der doppelten Brennweite einer Sammellinse O (Fig. 17) ein Gegenstand MN , so entsteht auf der entgegengesetzten Seite der Linse ein verkehrtes und verkleinertes Bild mn . Ist nun O die Objectivlinse eines Fernrohres und $mn = b$ der Abstand der parallelen, horizontalen

Distanzfäden, so schließen die von den Distanzfäden durch den optischen Mittelpunkt der Objectivlinse ausgehenden Lichtstrahlen einen constanten Winkel ein und schneiden auf einer durch das Fernrohr beobachteten, eingetheilten Latte ein Stück $MN = L$ ab, aus welchem auf die Entfernung D der Latte von der Objectivlinse geschlossen werden kann.

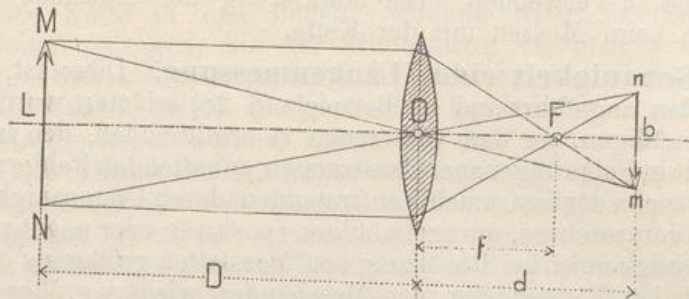


Fig. 17.

Bezeichnet man die Entfernung des Bildes vom Mittelpunkte der Linse mit d und die Brennweite der Linse mit f , so folgt nach den Gesetzen der Optik:

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots 4)$$

und daraus:

$$d = \frac{D \cdot f}{D - f} \dots\dots\dots 5)$$

Aus $\triangle MON \sim \triangle mOn$ folgt: $L : b = D : d$

daher: $b = \frac{L \cdot d}{D}$ und mit Rücksicht auf Gleichung 5):

$$b = \frac{L \cdot f}{D - f} \dots\dots\dots 6)$$

Aus Gleichung 6) folgt als Distanz:

$$D = \frac{L \cdot f + f \cdot b}{b} = \frac{f}{b} \cdot L + f$$

Rechnet man zu dieser Distanz noch die Entfernung e vom Mittelpunkte der Objectivlinse bis zum Drehungspunkte des Fernrohres hinzu, so erhält man als eigentliche Distanz:

$$D' = \frac{f}{b} \cdot L + f + e$$

Da f, b und e für dasselbe Instrument constante Größen sind, so kann man $\frac{f}{b} = C$, ferner $f + e = c$ setzen und erhält so die einfache Gleichung:

$$D' = C \cdot L + c \dots\dots\dots 7)$$

aus welcher man für die einzelnen Lattenlängen die zugehörigen Distanzen findet. Die Lattenlängen ergeben sich jedesmal aus der Differenz der an den beiden Distanzfäden gemachten Lattenablesungen. Die Constanten C

und c werden vom Mechaniker gerechnet und bei jedem Instrumente bemerkt. Gewöhnlich richtet man den Abstand der Distanzfäden so, dass die Constante C einer runden Zahl, z. B. 100 oder 200 gleich wird.

§. 33. Anwendung des Distanzmessers nach Reichenbach.

Die Gleichung 7) gilt nur dann, wenn die Fernrohrachse bei der Visur nach der Latte eine horizontale Lage hat und die Visur über den mittleren Horizontalfaden die Latte senkrecht trifft.

Bei geneigter Fernrohrachse misst man zunächst den Neigungswinkel α (Fig. 18), welchen die Fernrohrachse mit dem Horizonte einschließt, am Höhenkreise ab, lässt die Latte wie vorhin lothrecht halten und macht die Ablesung $ou = L$ an derselben. Eine auf die mittlere Visurlinie Jm des Fernrohres im Punkte m senkrecht gestellte Latte würde mit der vertical stehenden den Winkel α einschließen, weshalb man jetzt $o'u' = L \cdot \cos \alpha^*)$ statt L als Lattenlänge setzen kann. Man erhält so für die schiefe Distanz: $D' = C \cdot L \cdot \cos \alpha + c$, somit für die auf den Horizont reducierte Distanz:

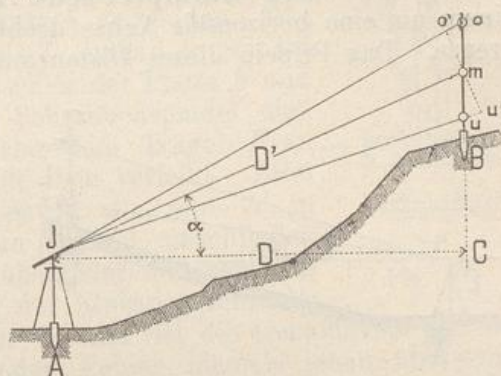


Fig. 18.

oder:

$$D = D' \cdot \cos \alpha = (C \cdot L \cos \alpha + c) \cdot \cos \alpha$$

$$D = C \cdot L \cdot \cos^2 \alpha + c \cdot \cos \alpha \quad \dots \dots \dots 8)$$

Da aber $\cos \alpha$ bei geringem Höhenwinkel nicht viel von 1 verschieden ist, so genügt es, für die gewöhnlichen Fälle zu dem Werte: $C \cdot L \cdot \cos^2 \alpha$ noch die Constante c zu addieren, mithin

$$D = C \cdot L \cdot \cos^2 \alpha + c \quad \dots \dots \dots 9)$$

zu setzen.

Beim Gebrauche muss das Instrument mit dem Drehungspunkte des Fernrohres über den Endpunkt A der zu messenden Distanz AB aufgestellt und genau horizontal gerichtet werden.

Der auf dem anderen Endpunkte B vom Figuranten gehaltenen Latte muss eine möglichst lothrechte Lage gegeben werden, da sich sonst bedeutende Fehler in den Ablesungen ergeben. Man versieht zu diesem Zwecke die Latte gewöhnlich mit einem Senkel oder mit einer Dosenlibelle.

Beispiel: Es sei Winkel $\alpha = 9^\circ$
 die obere Ablesung: $o = 1.862 \text{ m}$
 „ untere „ „ $u = 0.902 \text{ m}$
 daher: $(o - u) = L = 0.960 \text{ m}$

Sind die Constanten des Instrumentes $C = 100$ und $c = 0.31$, so ist die fragliche Distanz nach der Gleichung 9):

$$D = 100 \times 0.96 \times 0.988^2 + 0.31$$

$$\text{oder } D = 93.888 + 0.31 = 94.198 \text{ m.}$$

Die Genauigkeit des Reichenbach'schen Distanzmessers hängt von der richtigen verticalen Lattenstellung und der Genauigkeit der Ablesungen

*) Betrachtet man die beiden Winkel bei o' und u' als Rechte, so folgt:
 $o'm = om \cdot \cos \alpha$ } daher $o'm + u'm = (om + um) \cdot \cos \alpha$
 $u'm = um \cdot \cos \alpha$ } oder $o'u' = L \cdot \cos \alpha$

ab. Da die Distanzfäden bei größeren Entfernungen ein größeres Lattenstück verdecken, so nimmt die Genauigkeit der Ablesungen mit der Größe der Distanz ab. Durch Versuche ist gefunden worden, dass der mittlere Fehler bei kleineren Distanzen in der Ebene mit 0.25 %, im coupierten Terrain und bei ungünstigen Verhältnissen bis zu 1 % der wirklichen Distanz angenommen werden kann.

§. 34. **Der Stampfer'sche Distanzmesser.** Dieser besteht aus einem um eine horizontale Achse drehbaren Fernrohre mit einfachem Fadenkreuze. Das Princip dieses Distanzmessers wird nachfolgend erläutert.

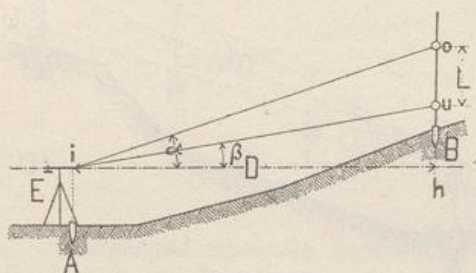


Fig. 19.

Steht das Instrument mit seinem Drehungspunkte *i* (Fig. 19) über dem Anfangspunkte *A* und eine mit zwei Zielscheiben *o* und *u* versehene Latte im Endpunkte *B* einer zu messenden Distanz *D*, so schließen die nach den Zielpunkten *o* und *u* von *i* ausgehenden Visurlinien einen Winkel ein, welcher proportional der Distanz ist, so dass aus der Größe dieses Winkels die jedesmalige Distanz bestimmt werden kann.

Bezeichnen α und β jene Winkel, welche die nach *o* und *u* gehenden Visurlinien mit dem Horizonte *ih* des Instrumentes einschließen, ist ferner $ou = L$ die constante Entfernung der Zielscheiben, und $ih = D$ die reducierte Distanz der Punkte *A* und *B*, so folgt aus den rechtwinkligen Dreiecken *oih* und *uih*:

$$\begin{aligned} oh &= D \cdot \operatorname{tg} \alpha \\ uh &= D \cdot \operatorname{tg} \beta \end{aligned}$$

daher $oh - uh = D \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta)$

oder $D = \frac{oh - uh}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta} = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta} \dots \dots \dots 10)$

§. 35. Zur Messung dieser gewöhnlich nur kleinen Winkel α und β wird die **Stampfer'sche Elevationschraube** benützt. Eine solche ist z. B. an dem Nivellierinstrumente in Fig. 84, §. 136 angebracht. Der Fernrohrträger ist an einem Ende bei *D* um eine horizontale Achse drehbar und hat am anderen Ende die Elevationschraube *E*, mit welcher der Visierlinie des Fernrohres eine kleine Elevation, d. h. eine feine Bewegung in einer Vertical-ebene, ertheilt werden kann. An diesem Fernrohrträger befindet sich nächst der Elevationschraube auch eine Theilung, welche die vollführten ganzen Schraubengänge der ersteren anzeigt, während die Unterabtheilungen eines Ganges an der mit dem Schraubenkopfe verbundenen, eingetheilten Trommel abgelesen werden können. Die Elevationschraube bildet eine feine Mikrometerschraube mit etwa 20 Gängen per 1 cm, ferner ist die Trommel *T* im Umfange in 100 Theile getheilt. Der Wert eines Ganges (die Ganghöhe) beträgt somit etwa 0.5 mm und mithin der eines Hundertelganges etwa 0.005 mm. In Fig. 20 ist die Elevationschraube *E* in $\frac{1}{2}$ nat. Größe dargestellt. An dem nach unten gabelförmig endenden Träger *P* des Fernrohres, mit welchem die Elevationschraube in Verbindung steht, ist eine Theilung

bei p angebracht, welche der am Schraubenkopfe befindlichen, in 100 Theile eingetheilten Trommel T entspricht, so dass an dem Zeiger z die ganzen und am Zeiger z' die $\frac{1}{100}$ Umdrehungen der Elevationssschraube abzulesen sind. Die Spindel dieser Schraube ist mit dem oberen Ende an der mit dem Träger P verbundenen Platte b eingehängt. Das eine Ende c der Alhidade, um welches die Gabelstücke pp' des Trägers gleiten, ist mit der Messinghülse h verbunden. Der Schraubenkopf E nebst der Trommel T enthält in seinem oberen Ende das Muttergewinde. Zwischen der Platte b und dem Boden der Hülse h ist um die Schraubenspindel eine starke Schraubenfeder eingelegt, welche dem Träger P an diesem Ende einen stetigen Druck nach oben verleiht. Zwei in einander verschiebbare Hülsen, davon die eine h' in Fig. 20 sichtbar, die andere in derselben gleitend, umschließen die obere und untere Hälfte der Schraubenfeder und schützen sie vor Staub. Die ganze Bewegung der Elevationssschraube entspricht nahezu einem Winkel von 8° und ist die Genauigkeit der Bewegung so groß, dass ein entstehender Fehler niemals jenen übersteigt, welchem man beim Einstellen einer Visur noch ausgesetzt ist, und der bei diesen Instrumenten etwa 1 bis 2 Sekunden beträgt.

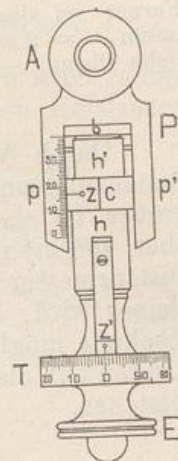


Fig. 20.

Eine solche Elevationssschraube ist zur genauen Messung kleiner Verticalwinkel vorzüglich geeignet, da deren Größen sich wie die Anzahl der ihnen zukommenden Schraubengänge verhalten.

§. 36. Anwendung des Distanzmessers nach Stampfer. Bezeichnen h , u und o die Ablesungen an der Elevationssschraube, welche man bei der horizontalen Visur und bei den Visuren nach der unteren und der oberen Zieltafel (siehe Fig. 19) macht, so ist den Winkeln α und β die zukommende Anzahl der Gänge $(o - h)$ und $(u - h)$ proportional; daher:

$$\operatorname{tg} \alpha = k \cdot (o - h) \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \beta = k \cdot (u - h)$$

wenn k einen constanten Zahlenwert bedeutet und beachtet wird, dass man für kleine Winkel ihre Tangenten setzen kann. Setzt man diese Werte in die Gleichung 10), so erhält man:

$$D = \frac{L}{k \cdot (o - h) - k \cdot (u - h)} = \frac{L}{k \cdot (o - u)}$$

oder, wenn man für den sich gleichbleibenden Wert $\frac{1}{k} = K$ setzt:

$$D = \frac{K \cdot L}{o - u} \dots \dots \dots 11)$$

Die Constante K ist jedem Instrumente beigegeben. Man braucht daher nur die beiden Ablesungen o und u zu machen, um die fragliche Distanz nach Gleichung 11) zu bestimmen.

Als Latten verwendet man hier gewöhnlich Nivellierlatten mit zwei Zielscheiben (§. 145). Die constante Entfernung der Zielscheiben ist gewöhnlich 2 m, bei kleineren Distanzen auch nur 1 m.

Beispiel: Es sei die obere Ablesung $o = 25.305$
 und die untere " $u = 20.200$
 somit $o - u = 5.105$

Ferner sei die Constante des Instrumentes $K = 324$ und die Entfernung der Zieltafeln $L = 2 m$. Setzt man diese Werte in die Gleichung 11), so erhält man als fragliche Distanz:

$$D = \frac{324 \times 2}{5 \cdot 105} = 126.93 m.$$

Durch Versuche ist gefunden worden, dass die Genauigkeit der Distanzmessung mit der Stampfer'schen Schraube bei kleineren Distanzen größer ist als beim Messen mit Messketten. Bei größeren Distanzen (etwa über 400 m) nimmt die Genauigkeit des Stampfer'schen, wie überhaupt aller Distanzmesser ab. Diese wird auch geringer, wenn der Lattenabschnitt L kleiner wird; daher soll man, besonders bei größeren Distanzen, den Lattenabschnitt möglichst groß nehmen und die Zahlenwerte bei Einstellung der Visuren auf die Zieltafeln wiederholen, damit keine Fehler in den Ablesungen entstehen.

4. Instrumente zu Winkelmessungen.

§. 37. **Einleitende Bemerkungen.** Die meisten Instrumente werden beim Gebrauche auf eigene Gestelle, Stative, gesetzt. Man unterscheidet je nach Ausführung Stockstative und Dreifußstative. Letztere werden entweder als Zapfen- oder als Scheibenstative construiert.

Beim Zapfenstative wird das Instrument mit seiner Hülse auf den conischen Zapfen des Statives aufgeschoben, allenfalls noch durch eine Klemmschraube gefestigt.

Beim Scheibenstative (siehe Fig. 32 a und 38) wird das Instrument mit seinen Stellschrauben auf die Stativscheibe aufgesetzt und mittelst einer durch den Ausschnitt der Scheibe hindurchreichenden Centralschraube, Herzschraube, mit dem Stative fest verbunden.

Der auf dem Felde zu messende Winkel wird durch drei Punkte bezeichnet und zwar so, dass der Scheitel und je ein beliebiger Punkt der beiden Schenkel des Winkels durch Pföcke, Fluchtstäbe oder Fahnenstangen markiert werden. Denkt man sich die beiden Schenkel eines Winkels auf eine horizontale Ebene projiciert, so hat man den auf den Horizont reducierten Winkel, und dieser ist es, welcher mittelst der Winkelmessinstrumente gemessen wird. Da die Ebene dieser reducierten Winkel eine horizontale ist, so heißen die so bestimmten Winkel Horizontalwinkel. Wird der eine Schenkel eines Horizontalwinkels durch die Richtung einer frei schwebenden Magnetnadel bestimmt, so heißt der so gebildete Winkel der magnetische Azimuth dieser Geraden (§. 58 und 59).

Häufig ist jedoch der Neigungswinkel einer Geraden gegen den Horizont, d. h. jener Winkel zu messen, welchen die Gerade mit ihrer Horizontalprojection einschließt. Solche Winkel liegen in verticalen Ebenen und heißen daher auch Verticalwinkel, u. zw. Höhen- oder Elevationswinkel und Tiefen- oder Depressionswinkel, je nachdem der eine Schenkel über oder unter dem zweiten, horizontal liegenden, sich befindet. Die Winkelmessinstrumente dienen nicht nur zur Messung, sondern auch zur Absteckung von gegebenen Winkeln. Bei der Messung eines Winkels wird das Instrument genau über dem Scheitelpunkte aufgestellt (centriert). Die centrische Aufstellung geschieht mit Hilfe eines im Mittelpunkte des Statives an der vorhandenen Aufhängevorrichtung befestigten Senkels.

a) Instrumente zur Absteckung rechter Winkel.

§. 38. **Das Winkelkreuz.** Dieses einfache und deshalb auch billige Instrument besteht aus zwei senkrecht auf einander befestigten Holzleisten (Fig. 21), welche mit einer Hülse *h* verbunden sind, mittelst welcher das Instrument auf ein Stockstativ *f* gesteckt werden kann. Auf der oberen Fläche der Leisten sind die Stiftchen 1, 2, 3 und 4 als Absehen so angeordnet, dass die über 1, 2 und 3, 4 gerichteten Visuren senkrecht auf einander stehen.

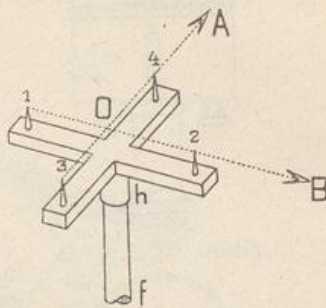


Fig. 21.

Der Gebrauch dieses Instrumentes ist folgendermaßen: Man steckt das Stockstativ in jenen Punkt der Geraden, von welchem aus der rechte Winkel abgesteckt werden soll, richtet mit Hilfe eines Senkels den Stock möglichst vertical und dreht die Hülse *h* auf dem Zapfen des Stockstatives so lange, bis die Visur über das eine Paar von Absehen, z. B. über 1 und 2, genau in die Richtung der ausgesteckten Geraden fällt. Nun visiert man über 3 und 4 und lässt durch den Messgehilfen in dieser Richtung einen Fluchtstab einsetzen. Mit dieser Arbeit ist das Errichten der Senkrechten zur gegebenen Geraden beendet. Hat man jedoch von einem außerhalb der Geraden liegenden Punkte auf erstere eine Senkrechte zu fallen und den Fußpunkt derselben zu bestimmen, so wird das Stockstativ zunächst schätzungsweise in dem fraglichen Fußpunkte eingesetzt, das Winkelkreuz mit einem Paar von Absehen in die Gerade orientiert und dann über das andere Paar visiert. Geht die zweite Visur durch jenen Punkt, von welchem die Senkrechte gefällt werden soll, so hat man den Fußpunkt derselben richtig gefunden; wo nicht, so verstellt man das Instrument nach Maßgabe der geschätzten Abweichung so lange, bis man den Fußpunkt getroffen hat.

Die Prüfung des Winkelkreuzes erfolgt dadurch, dass man in einem Punkte einer ausgesteckten Geraden eine Senkrechte errichtet, dann mittelst der Hülse *h* das Winkelkreuz um 90° verdreht, so dass die Stiftchen 1 und 2 mit 3 und 4 ihren Platz wechseln. Fällt die jetzt ausgesteckte Senkrechte mit der früheren zusammen, so ist das Winkelkreuz richtig; im entgegengesetzten Falle beachte man, dass die beiden abgesteckten Senkrechten den doppelten Fehler des Winkelkreuzes anzeigen. Man versetzt demnach die betreffenden zwei Stiftchen z. B. 3 und 4 auf die Halbierungslinie des fehlerzeigenden Winkels und wiederholt dieses Verfahren, bis sich kein Fehler mehr zeigt.

§. 39. **Die Winkeltrommel** (Fig. 22) ist entweder ein aus Metall hergestellter, hohler Cylinder oder ein achtseitiges Prisma, 8–10 cm hoch, oben und unten geschlossen und wie beim Winkelkreuz mit einer conischen Hülse versehen, mittelst welcher man das Instrument auf ein Stockstativ oder auf ein dreifüßiges Zapfenstativ steckt. In der Mantelfläche der Trommel sind vier gerade Schlitze paarweise ebenso wie bei einem Diopterlineale (§. 15) angeordnet. Mithin steht einem schmalen Sehschlitz eine fensterartig durchbrochene mit einem Rosshaarfaden überspannte Öffnung gegenüber. Die durch je zwei gegenüberliegende Schlitze gerichteten Visuren schließen mit einander rechte Winkel ein. Diese Visuren liegen in verticalen Ebenen

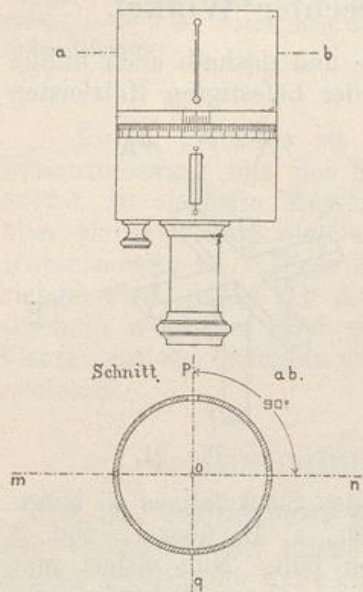


Fig. 22.

wenn der Trommelachse eine verticale Stellung gegeben wird. Die in Fig. 22 abgebildete Winkeltrommel ist auch zur Messung und Absteckung beliebiger Winkel eingerichtet. Sie besteht aus zwei übereinander stehenden Cylindern u. zw. aus einem unteren, mit einer Gradtheilung versehenen und mit der Hülse fest verbundenen und aus einem oberen, durch einen Zahntrieb beweglichen, welcher den Nonius trägt.

Die Absehen der Winkeltrommel sind mitunter auch so eingerichtet, dass alle Schlitze nur schmal angeordnet werden. Die oben beschriebene Einrichtung hat den Vortheil des deutlicheren Sehens, während bei letztgenannter Anordnung eine größere Unveränderlichkeit der Absehen vorhanden ist.

Der Gebrauch der Winkeltrommel ergibt sich aus der Construction.

Soll in o (Schnitt ab , Fig. 22) auf die ausgesteckte Gerade mn eine Senkrechte errichtet werden, so stellt man sich mit der Winkel-

trommel vertical über dem Punkte o auf und richtet zwei gegenüberliegende Absehen der Trommel genau in die Gerade mn ein. Stellt man sich nun mit dem Auge vor das Absehen bei p , visiert längs dem gegenüberliegenden bei q vorbei und lässt in dieser Richtung einen Stab einsetzen, so ist $op \perp mn$. Die entgegengesetzte Aufgabe wird ebenso wie mit dem Winkelkreuze gelöst.

Auch die Prüfung der Winkeltrommel erfolgt in gleicher Weise wie bei dem Winkelkreuze. Die Berichtigung einer fehlerhaften Winkeltrommel ist nur dann möglich, wenn zwei Absehen aus Schlitzen und eingespannten Fäden bestehen und letztere auf verschiebbaren Rahmen eingespannt sind.

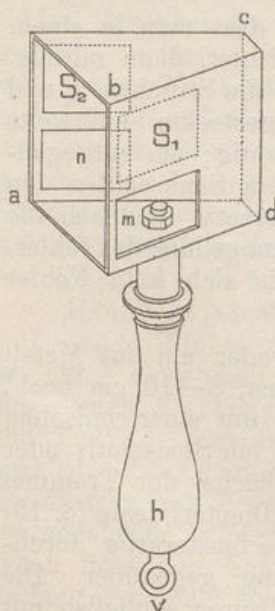


Fig. 23.

§. 40. **Der Winkelspiegel** (Fig. 23) besteht aus einem vierseitigen, prismatischen Gehäuse $abcd$, dessen Seitenwand ab gewöhnlich ganz offen ist, während die zwei angrenzenden, einen Winkel von 45° mit einander einschließenden Wände bei m und n fensterartig durchbrochen sind. Oberhalb oder unterhalb dieser Öffnungen sind zwei ebene Spiegel S_1 und S_2 befestigt. Die Bodenfläche des Gehäuses wird entweder auf einen Handgriff h oder seltener auf ein Stockstativ aufgeschraubt, so dass man den beiden Spiegeln beim Gebrauche eine verticale Stellung zu geben vermag.

Um die Wirkungsweise des Winkelspiegels zu erklären, ist in Fig. 24 ein Horizontalschnitt desselben dargestellt. Fällt vom Objecte G_1 ein Licht-

strahl G_1m auf den Spiegel S_1 , so wird er unter dem gleichen Winkel α reflectiert, fällt bei n auf den Spiegel S_2 , von welchem er wieder unter dem gleichen Winkel β reflectiert wird und nach dem Auge des Beobachters bei A gelangt, so dass er diesem von G_2 herzukommen scheint.

Aus $\triangle mnP$ folgt:

$$\begin{aligned} \sphericalangle w &= \sphericalangle x + \sphericalangle y, \text{ da aber} \\ \sphericalangle x &= 180^\circ - 2\alpha \text{ und} \\ \sphericalangle y &= 180^\circ - 2\beta, \text{ so ist} \\ \sphericalangle w &= 2(180^\circ - \alpha - \beta). \end{aligned}$$

Aus $\triangle mnO$ folgt:

$\sphericalangle \varphi = 180^\circ - \alpha - \beta$
daher $\sphericalangle w = 2\varphi$; d. h. der Winkel, welchen der einfallende Lichtstrahl G_1m mit dem doppelt reflectierten Lichtstrahle nA einschließt, ist doppelt so groß wie der Neigungswinkel der Spiegelflächen. Ist letzterer 45° , so ist ersterer 90° , woraus sich der Gebrauch des Winkelspiegels zum Errichten und Fällen von Senkrechten ergibt.

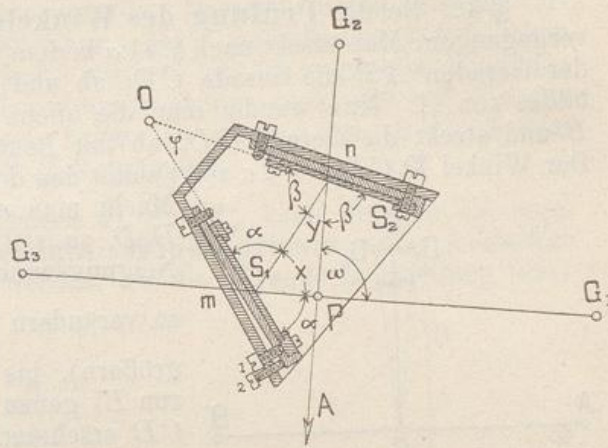


Fig. 24.

§. 41. Anwendungen des Winkelspiegels.

a) Auf eine gegebene Gerade G_1G_3 (Fig. 24) ist in P eine Senkrechte zu errichten.

Man stellt sich, den Winkelspiegel mit dem Handgriffe vor dem Auge haltend, so auf, dass der in dem Handgriffe eingezogene Senkel genau über den Pflock bei P zu stehen kommt und richtet die offene Seitenwand nach dem in G_1 eingesetzten Fluchtstabe. Nun visiert man nach dem Stabe G_2 , so, dass man längs dem verticalen Rande der offenen Wand nach dem gegenüberliegenden Spiegel S_2 und zugleich durch die darunterliegende fensterartige Öffnung nach G_2 sieht.

Sodann gibt man dem Figuranten durch Handbewegungen so lange Zeichen zur Änderung des Standpunktes seines Stabes G_2 , bis dieser von ihm gehaltene Stab mit dem im Spiegel S_2 sichtbaren Spiegelbilde von G_1 genau in dieselbe Verticallinie fällt.

b) Von einem Punkte G_2 (Fig. 24) ist auf eine Gerade G_1G_3 eine Senkrechte zu fällen.

Man wendet den Winkelspiegel so, dass er mit der offenen Seite gegen den Punkt G_2 gerichtet ist, und hält ihn in dieser Stellung vor das gegen G_1 gerichtete Auge. Nun bewegt man sich von G_3 gegen G_1 , genau in der abgesteckten Geraden; letzteres wird dadurch beurtheilt, dass man nachsieht, ob die Richtung der Senkelschnur des Winkelspiegels in die gedachte Verticallebene der Stabachsen G_1G_3 fällt.

Je mehr man sich dabei dem gesuchten Fußpunkte P nähert, desto näher fällt das Spiegelbild des Stabes G_2 in die Richtung des Stabes G_1 , so dass es mit dieser ganz zusammenfällt, wenn man mit dem Spiegel über P angelangt ist. Mittelst des im Handgriffe eingezogenen Senkels wird dann der Fußpunkt P auf dem Terrain bestimmt und durch einen Pflock oder einen Kettennagel markiert.

Es ist ganz gleichgültig, ob man sich bei dieser Arbeit von G_3 gegen G_1 oder umgekehrt fortbewegt. Zur genauen Richtungsangabe benützt man einige zwischen G_1 und P , beziehungsweise zwischen G_3 und P , einvisierte Stäbe (§. 22).

§. 42. Bei der **Prüfung des Winkelspiegels** wird in folgender Weise vorgegangen: Man steckt nach §. 41 a in dem angenommenen Punkte C (Fig. 25) der Geraden AB die Gerade CD_1 ab und zwar mit Benützung des Spiegelbildes von A . Nun wendet man die offene Wand des Winkelspiegels gegen B und steckt die Gerade CD_2 ab mit Benützung des Spiegelbildes von B . Der Winkel $D_1CD_2 = 2\alpha$ zeigt somit den doppelten Fehler des Instrumentes.

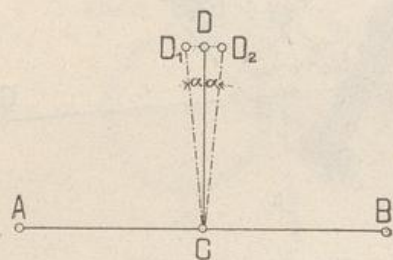


Fig. 25.

Macht man nun $CD_1 = CD_2$ und $D_1D = D_2D$, so ist $CD \perp AB$. Man hat somit den Neigungswinkel der Spiegelebenen so lange zu verändern (in diesem Falle um $\frac{\alpha}{2}$ zu ver-

größern), bis das Spiegelbild von A (oder von B) genau in der Richtung der Geraden CD erscheint. Zu diesem Zwecke lässt sich der eine der beiden Spiegel um einen Punkt drehen, gewöhnlich durch zwei Schraubchen 1 und 2 (Fig. 24), von welchen 1 als Zug-

und 2 als Druckschraubchen wirkt. Man lüftet zuerst das Druckschraubchen, gibt durch entsprechendes Drehen des Zugschraubchens dem Spiegel die richtige Stellung und zieht das Druckschraubchen wieder fest an.

Die Genauigkeit des Winkelspiegels kann man auf 1–2 Minuten annehmen, wenn die Senkrechten nicht über etwa 50 m Länge besitzen.

Der Winkelspiegel hat gegenüber dem Winkelkreuze und der Winkeltrommel den großen Vortheil, dass man mit demselben viel rascher arbeitet, namentlich in den Städten, wo sich bei Aufstellung der zu den vorgenannten Instrumenten nöthigen Stockstative Schwierigkeiten leicht ergeben würden.

§. 43. **Das Prismenkreuz von Bauernfeind.** Dieses Instrument, welches zum Ausstecken von rechten und von gestreckten Winkeln dient,

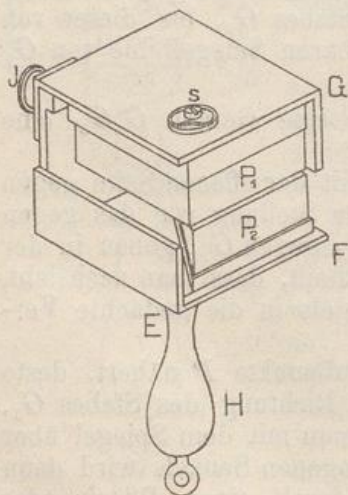


Fig. 26.

besteht aus zwei übereinander gestellten Glasprismen ABC und ABD (Fig. 28), welche gleichschenklige, rechtwinklige Dreiecke als Grundflächen haben. Zwei Kathetenflächen liegen in der Ebene AB , während die beiden anderen Kathetenflächen BD und AC zu einander parallel sind. Die Hypothenusenflächen BC und AD stehen senkrecht auf einander und sind zur Vermehrung der Helligkeit der Bilder mit Zinnamalgam belegt. Die beiden Prismen sind in einem prismatischen Gehäuse $EFGJ$ (Fig. 26) befestigt, dessen Seitenwände EJ und FG den parallelen Kathetenflächen gegenüber, also links oben und rechts unten, ausgeschnitten sind. An der vorderen gemeinsamen Kathetenfläche EFG ist das Gehäuse ganz offen. Um die Prismenachsen parallel zu stellen, ruht das untere Prisma

P_2 auf einer dreiseitigen, am Boden des Gehäuses angebrachten, federnden Platte und ist durch drei Stellschraubchen festgehalten. Durch eines dieser Schraubchen wird die Achse des unteren Prismas zu der des oberen Prismas parallel gestellt, nachdem zuvor die beiden anderen Schraubchen etwas gelüftet worden sind. Das obere Prisma P_1 ist durch das am Deckel des Gehäuses befindliche Schraubchen s mit der Fassung dieses Prismas verbunden und kann durch ein in der Kapsel bei J befindliches Schraubchen im horizontalen Sinne so weit gedreht werden, bis die gegenüber liegenden Kathetenebenen parallel und die Hypothenusenebenen senkrecht auf einander stehen. Um das Instrument bequem halten zu können, ist an der Bodenfläche des Gehäuses ein Handgriff H festgemacht.

§. 44. Jedes der beiden Prismen P_1 und P_2 kann für sich als sogenanntes **symmetrisches dreiseitiges Winkelprisma** zum Abstecken von rechten Winkeln benützt werden, wie die folgende Betrachtung lehrt.

Fällt ein von P_1 (Fig. 27) herkommender Lichtstrahl P_1Q nahe am Scheitel B auf die Kathetenfläche BD unter dem Einfallswinkel ε , so wird er nach optischen Gesetzen zum Einfallslotte unter dem Winkel β gebrochen und fällt nach R auf die zweite Kathetenfläche AB unter einem Winkel γ , welcher jedoch so groß ist, dass der Lichtstrahl nicht mehr austreten kann. Er wird somit von der Ebene AB wie von einem ebenen Spiegel reflectiert, fällt auf die Hypothenusenebene AD unter dem Winkel δ auf und da diese mit Amalgam belegt ist, wird der Lichtstrahl abermals reflectiert, fällt in T wieder auf die Kathetenfläche AB unter dem Winkel β' auf und wird hier unter dem Winkel ε' gebrochen, sodann in der Richtung TU fortgeleitet. Der Lichtstrahl macht somit den Weg P_2QRSTU durch; er wird im Prisma zweimal gebrochen und zweimal reflectiert.

Ist n das Brechungsverhältnis für Luft und Glas, so folgt nach den Gesetzen der Optik:

$$\sin \varepsilon = n \cdot \sin \beta \quad \text{und} \quad \sin \varepsilon' = n \cdot \sin \beta'.$$

Aus Fig. 27 ist ferner zu ersehen, dass

$$\sphericalangle \beta + \sphericalangle \delta = 45^\circ \quad \text{und} \quad \sphericalangle \beta' + \sphericalangle \delta = 45^\circ,$$

woraus folgt, dass $\sphericalangle \beta = \sphericalangle \beta'$ und daher auch $\sphericalangle \varepsilon = \sphericalangle \varepsilon'$ sein muss.

Aus $\triangle VWT$ folgt:

$$\sphericalangle W = \varepsilon' + (90^\circ - \varepsilon) = 90^\circ;$$

d. h. der einfallende Lichtstrahl P_1Q steht senkrecht auf dem austretenden Lichtstrahle TU . Ein bei W befindliches Auge sieht daher einen bei P_1 eingesetzten Stab durch das Prisma in der Richtung UT und zugleich über

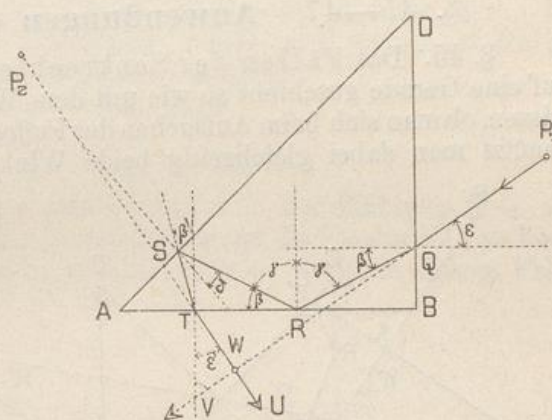


Fig. 27.

oder unter dem Prisma den Stab P_2 . Wird nun letzterer so einvisiert, dass er sich mit dem Bilde von P_1 deckt, so steht P_1W senkrecht auf P_2W .

Man kann auch den austretenden Strahl TU zum einfallenden und den einfallenden Strahl P_1Q zum austretenden machen. Wäre in U ein Stab eingesetzt, so würde der Lichtstrahl in der Richtung UT unter dem $\sphericalangle \varepsilon'$ auf das Prisma fallen, weiter den Weg $TSRQ$ machen und in der Richtung QP_1 unter dem $\sphericalangle \varepsilon$ austreten, so dass ein in dieser Richtung befindliches Auge das Bild von U sehen und in derselben Richtung, gegen V , einen Stab einvisieren könnte.

Aus dieser Betrachtung folgt, dass der Winkel W unabhängig ist vom Einfallswinkel ε . Das dem festen Ablenkungswinkel von 90° entsprechende Bild erkennt man leicht dadurch, dass es in derselben Richtung erscheint, wenn man auch das Instrument mittelst des Handgriffes etwas um seine verticale Achse dreht.

§. 45—47. Anwendungen des Prismenkreuzes.

§. 45. Das Fällen der Senkrechten von außerhalb liegenden Punkten auf eine Gerade geschieht so wie mit dem Winkelspiegel. Um jedoch stets zu wissen, ob man sich beim Aufsuchen der Fußpunkte genau in der Geraden befindet, benützt man dabei gleichzeitig beide Winkelprismen des Prismenkreuzes.

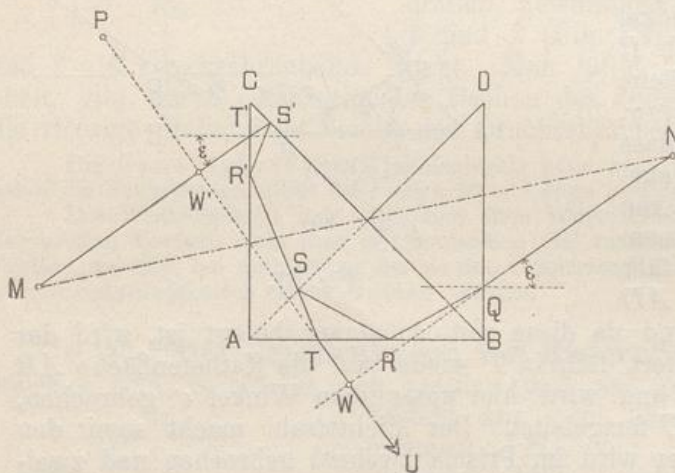


Fig. 28.

Es sei P (Fig. 28) der gegebene Punkt und MN die gegebene Gerade. Man hält das Prismenkreuz mit den Flächen AC und BD so gegen die Punkte M und N , dass das Licht von M auf das Prisma ABC und jenes von N auf das Prisma ABD auffallen kann. Je zwei parallele Lichtstrahlen MT' und NQ fallen unter gleichen Winkeln ε auf die Glasprismen und machen die in

Fig. 28 ersichtlichen Wege $MT'S'R'TU$ und $NQRSTU$ durch, so dass man in der Richtung TU die Bilder der Stäbe von M und N erblickt. Diese werden sich decken, d. h. in eine durch beide Prismen gehende Gerade zusammen fallen, wenn man durch Vor- und Rückwärtsschreiten in die Gerade MN gelangt ist. Nach erfolgter Deckung der Bilder schreitet man in der Geraden MN gegen M oder gegen N vor, bis die Richtungslinie UT durch den Punkt P geht. Da nun die festen Ablenkungsstrahlen TU (nach §. 44) senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen MT' und NQ sein müssen und die Gerade MN in der Wirklichkeit als parallel zu diesen Strahlen angesehen werden darf, ergibt das Loth der Prismenachse den Fußpunkt der gesuchten Senkrechten.

§. 46. Um mit dem Prismenkreuze gestreckte Winkel abzustecken, d. h. zwischen zwei Punkten einer Geraden einen Zwischenpunkt einzuvisieren,

kann man entweder, wie in Fig. 28 gezeigt wurde, die festen Ablenkungsstrahlen oder auch, wie die nachfolgenden Betrachtungen lehren, die mit den Einfallswinkeln der Lichtstrahlen veränderlichen Ablenkungsstrahlen der Prismen verwenden.

Ein unter dem Winkel ε auf die Kathetenfläche BD einfallender Strahl PQ (Fig. 29) wird unter dem Winkel β nach der Richtung QR gebrochen, gelangt unter dem Winkel γ an die Hypothenusenfläche AD und da diese mit Amalgam belegt ist, wird der Strahl in der Richtung RS reflectiert, fällt auf die zweite Kathetenfläche AB unter dem Winkel β' , wird hier unter dem Winkel ε' gebrochen und in der Richtung ST fortgeleitet. Der Strahl macht also den Weg $PQRST$ durch; er wird zweimal gebrochen, aber nur einmal reflectiert.

Aus Fig. 29 folgt:

$$\sphericalangle \gamma = 45^\circ + \beta \quad \text{und} \quad \sphericalangle \gamma = 45^\circ + \beta',$$

woraus sich ergibt, das $\sphericalangle \beta = \sphericalangle \beta'$ und daher auch $\sphericalangle \varepsilon = \sphericalangle \varepsilon'$. Die gesammte Ablenkung, welche der einfallende Strahl nach dem Austritte aus dem Prisma erfährt, ist durch den Winkel w bestimmt.

$$\sphericalangle RQO = \varepsilon - \beta = \varepsilon' - \beta' = \sphericalangle RSO$$

$$\sphericalangle SRQ = 2\gamma = 90^\circ + 2\beta$$

$$\text{daher ist } \sphericalangle w = (2\varepsilon - 2\beta) + (90^\circ + 2\beta) = 90^\circ + 2\varepsilon.$$

Fällt jedoch der Strahl unter dem Winkel ε in der Richtung $P'Q$, also von der entgegengesetzten Seite des Einfallslotes auf die Fläche BD , so findet man auf gleichem Wege seine gesammte Ablenkung w' ; es ist in diesem Falle:

$$\sphericalangle w' = 90^\circ - 2\varepsilon.$$

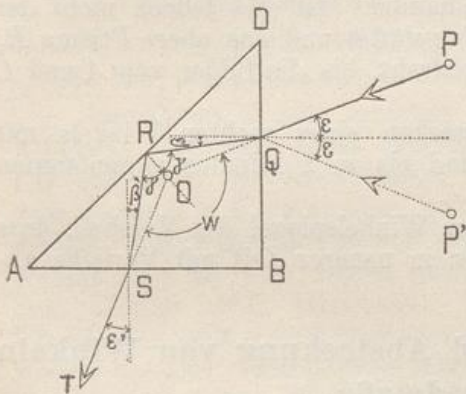


Fig. 29.

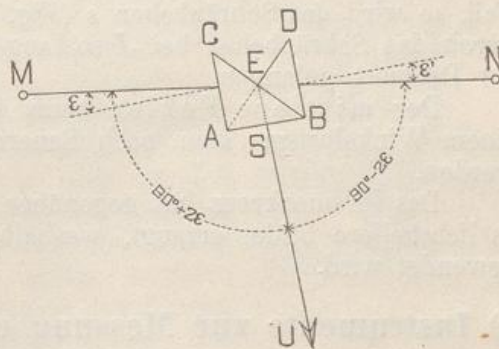


Fig. 30.

§. 47. Soll zwischen den durch Stäbe bezeichneten Punkten M und N (Fig. 30) ein Punkt der Geraden MN abgesteckt werden, so hält man das Instrument mit den Seitenflächen AC und BD gegen die Punkte M und N und schreitet senkrecht gegen MN vor- oder rückwärts, bis man zu einem Punkte E gelangt, in welchem die Bilder von M und N in eine durch beide Prismen gehende Gerade zusammen fallen. Der Punkt E wird sodann mittelst des an dem Handgriffe eingehängten Senkels abgelothet. Da die Einfallswinkel ε und ε' einander gleich, jedoch in Bezug auf ihre Einfallslotte eine entgegengesetzte Lage haben, so ist, wenn SU die gemeinsame Ablenkungsrichtung der Lichtstrahlen bezeichnet, die Summe der Ablenkungswinkel:

$$\sphericalangle MEU + \sphericalangle NEU = (90^\circ + 2\varepsilon) + (90^\circ - 2\varepsilon) = 180^\circ.$$

Diese Summe ist von der Größe der Einfallswinkel unabhängig, daher wird die Coincidenz der Bilder nicht gestört, wenn man das Instrument mittelst des Handgriffes etwas um seine verticale Achse dreht.

§. 48. Die **Prüfung des Prismenkreuzes** erfordert folgende Untersuchungen:

1. Ob beide Prismen eben und winkelrecht geschliffen sind;
2. ob die Prismenachsen parallel sind, und
3. ob die Hypothenusenebenen senkrecht auf einander stehen.

Zu 1. Steckt man mit dem zu prüfenden Winkelprisma (nach §. 44) einen Winkel ABC und an BC anschließend einen zweiten Winkel CBD ab, so müssen die Punkte A , B und D in eine Gerade fallen. Ist dies nicht der Fall, so kann nur der Optiker den Fehler des Prismas beseitigen.

Zu 2. Man betrachtet die Bilder, welche von zwei lothrechten Geraden (lothrechte Stäbe, Mauerkanten u. s. w.) in den in einer Ebene liegenden Kathetenflächen der beiden Prismen erscheinen. Findet man, dass diese Bilder nicht parallel sind, so ist die Lage des unteren Prismas durch die drei Stellschraubchen der Bodenplatte des Gehäuses entsprechend zu berichtigen. Man lüftet zu diesem Zwecke zwei Schraubchen ein wenig und stellt mit dem dritten das Prisma in die richtige Lage (§. 43).

Zu 3. Man stellt drei Stäbe A , B und C in größerer Entfernung in eine Gerade und hält das Instrument über dem mittleren Stabe B so, dass die Seitenflächen der Prismen gegen A und C gerichtet sind. Decken sich die Bilder der Stäbe A und C und gehen sie auch nicht auseinander, wenn man das Instrument etwas um seine verticale Achse dreht, so stehen die Hypothenusenebenen senkrecht auf einander. Ist dies jedoch nicht der Fall, so wird das Schraubchen s (Fig. 26) gelüftet und das obere Prisma P_1 durch das Schraubchen bei J so lange gedreht, bis die Bilder von A und C zur Deckung gelangen.

Der mittlere Fehler beim Abstecken eines rechten Winkels mit einem Winkelprisma kann nach Bauernfeind bis zu 2 Minuten angenommen werden.

Das Prismenkreuz hat gegenüber dem Winkelspiegel den Vortheil, dass es lichterhellere Bilder erzeugt, weshalb es in neuerer Zeit mit Vorliebe angewendet wird.

b) Instrumente zur Messung und Absteckung von Winkeln nach dem Gradmaße.

§. 49. **Einleitende Bemerkungen.** Diese Instrumente bestehen im Allgemeinen aus zwei Haupttheilen, aus einem festen Theile, dem Körper des Instrumentes, und aus einem beweglichen, Alhidade genannt.

Der Körper des Instrumentes ist so eingerichtet, dass er mit einem Stative in feste Verbindung gebracht werden kann. Oben trägt er eine kreisrunde, nach dem Gradmaße eingetheilte Scheibe, den Limbus.

Die Alhidade besteht gewöhnlich aus einem linealartigen oder runden Theile, mit dem ein Nonius und eine Visiervorrichtung verbunden sind, und kann mittelst eines in die Bohrung des Limbus passenden Zapfens im Kreise bewegt werden. Um jede einzelne Stellung der Alhidade am Limbus ablesen zu können, versieht man die Alhidade mit einem einzelnen Indexstriche oder mit einem der Limbustheilung entsprechenden Nonius. Die

Visiervorrichtung besteht aus gewöhnlichen Dioptern oder aus einem Fernrohre mit Fadenkreuz.

Außer diesen Bestandtheilen können noch andere, zu speciellen Zwecken oder zur größeren Vollkommenheit des Instrumentes dienende Vorrichtungen angebracht sein.

§. 50. **Der Verticalkreis.** Zur Messung von Verticalwinkeln ist mit der horizontalen Drehungsachse des Fernrohres ein getheilter Kreis (Höhenkreis) in fester Verbindung, der sich mit dem Fernrohre in einer verticalen Ebene bewegen lässt. Die Ablesung am Höhenkreise erfolgt mit Benutzung eines Nonius, welcher mit dem Fernrohrträger fest verbunden ist.

Gewöhnlich ist die Theilung des Höhenkreises so angeordnet, dass bei horizontaler Lage des Fernrohres der Nonius auf 0° zeigt. Die Bezifferung der Theilung ist bei größeren Instrumenten durchlaufend, d. h. $0^\circ - 360^\circ$, so dass die Ablesungen zwischen 0° und 90° Höhenwinkel, jene zwischen 270° und 360° Tiefenwinkel anzeigen.

Bei kleinen Instrumenten ist statt des vollständigen Höhenkreises nur ein Halbkreis oder ein Kreissector von $60^\circ - 90^\circ$ Centriwinkel angebracht und die Theilung, wie vorher beschrieben wurde, beziffert.

§. 51. **Der Theodolit** dient zum genauen Messen von Horizontalwinkeln, kann ferner auch zur Messung von Verticalwinkeln benutzt werden, und ist daher mit einem Horizontalkreise und einem Höhenkreise versehen. In Fig. 31 ist das Schema eines Theodolits dargestellt. Man unterscheidet bei demselben folgende Achsen:

- a) die verticale Achse AB ,
- b) die horizontale Achse CD und
- c) die Collimationsachse (optische Achse).

Der Conus A (die verticale Achse), ist mit der Alhidade GH und diese mit den Fernrohrträgern CG und DH , der horizontalen Drehachse CD und dem Fernrohre F verbunden und lässt sich um AB drehen. Der Stand des mit der Alhidade verbundenen Nonius wird an dem festen horizontalen Theilkreise, dem Limbus ML , abgelesen. Bei einem besseren Theodoliten sind gewöhnlich zwei Nonien angebracht, welche um 180° verschiedene Ablesungen geben. Bei der Messung eines Winkels macht man dann mittelst Lupen an beiden Nonien Ablesungen und zieht aus diesen das Mittel.

Für die Messung von Verticalwinkeln ist mit der horizontalen Drehungsachse CD ein eingetheilter Höhenkreis verbunden, dessen Drehung an einem oder an zwei Nonien abgelesen wird. Das Fernrohr lässt sich entweder aus seinen Lagern herausheben und in entgegengesetzter Lage wieder einlegen, oder so um seine horizontale Drehungsachse drehen (durchschlagen), dass die Ocular- und die Objectivseite ihre Plätze wechseln. Man unterscheidet hiernach umlegbare und durchschlagbare Fernrohre.

Sowohl die horizontale als auch die verticale Bewegung des Fernrohres kann mit einer groben, nebstdem auch mit einer feinen Bewegung, durchgeführt werden. Die groben Bewegungen werden aus freier Hand vollzogen

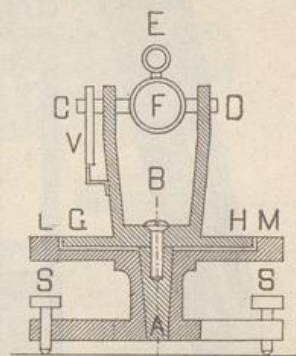


Fig. 31.

und mit Bremschrauben wieder eingestellt. Für die feinen Bewegungen sind Mikrometerschrauben angebracht, welche nach Einstellung der groben Bewegung in Verwendung kommen.

Der Theodolit ruht gewöhnlich mit einem Dreifußgestelle auf dem Scheibenstative, und wird die Limbusebene LM zumeist durch drei Stellschrauben S horizontal gestellt.

Die wichtigsten Anforderungen, welche man an einen guten Theodoliten stellt, sind folgende:

1. Die verticale Achse AB soll wirklich vertical;
2. die horizontale Achse CD soll rechtwinklig zur verticalen, und
3. die Fernrohrachse soll rechtwinklig zur horizontalen Achse stehen.

Die allenfalls nöthigen Prüfungen und Berichtigungen in Bezug auf diese gestellten Anforderungen greifen über den Rahmen dieses Lehrbuches hinaus.

§. 52. In Fig. 32 ist ein **Theodolit** kleinerer Gattung **von Starke & Kammerer** in Wien in $\frac{2}{7}$ natürlicher Größe dargestellt. Das ganze Instrument ruht mittelst eines Dreifußes, mit den drei Stellschrauben s

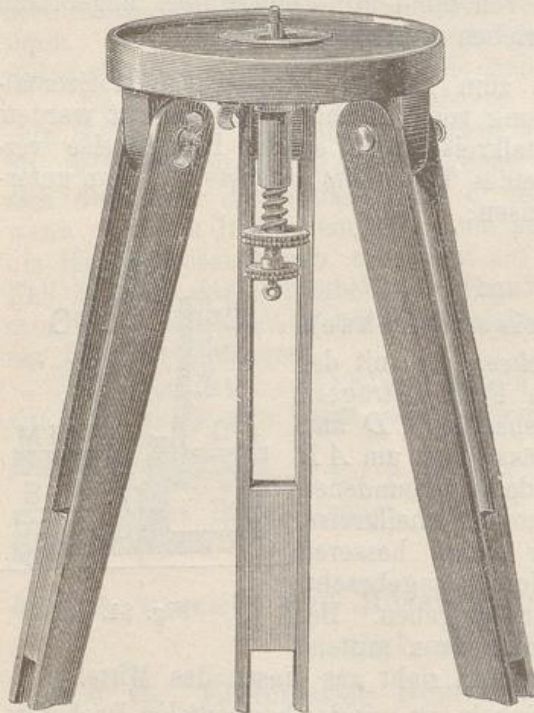


Fig. 32 a.

auf einem Scheibenstative (Fig. 32 a), dessen Centralschraube, Herzschraube, durch die Öffnung des Statives gehend, in den Dreifuß eingeschraubt wird. Am untersten Ende der Centralschraube befestigt man ein Senkel, um die verticale Achse des Instrumentes genau vertical über einen gegebenen Punkt zu centrieren. Zu diesem Zwecke kann das ganze Instrument bei gelüfteter Centralschraube so weit seitlich verschoben werden, als es der runde Ausschnitt in der Scheibe des Statives zulässt.

Nach erfolgter Centrierung und Horizontalstellung des Limbus wird das Instrument mittelst vorsichtigen Anziehens der Centralschraube mit dem Stative fest verbunden.

Der Dreifuß läuft nach oben in eine cylindrische Säule B aus und trägt die horizontale Limbuscheibe H , auf welcher die Grad-

eintheilung angebracht ist. Die verticale Umdrehungsachse lagert in der Bohrung der Säule B und endet oben mit einer Alhidadenscheibe, welche mit dem Nonius des Horizontalkreises nebst Lupe p , den beiden Kreuzlibellen l und l' und der Klemmvorrichtung des Horizontalkreises verbunden ist.

Der vom Mittelpunkte ausgehende Klemmarm h kann mit einer Klemmschraube festgestellt und dadurch die grobe Bewegung der Alhidade eingestellt werden. Die feine Bewegung der Alhidade wird dann mit der Mikrometerschraube m eingeleitet. Mit der Alhidadenscheibe stehen ferner

noch die beiden Träger des Fernrohres in fester Verbindung, welche am oberen Ende das Lager für die horizontale Drehachse des Fernrohres bilden. Auf die beiden cylindrischen Ringe des Fernrohres wird die Libelle L aufgesetzt und durch eine besondere Vorrichtung vor dem Herabfallen geschützt.

Mit einem Ende der horizontalen Achse des Fernrohres ist der Gradbogen b verbunden, mit dem anderen Ende der Klemmarm, welcher durch eine Klemmschraube (in Fig. 32 gedeckt) festgestellt und durch die Elevationschraube e fein bewegt werden kann. Wird die Klemmschraube gelüftet, so kann das Fernrohr frei um seine horizontale Drehungsachse bewegt und auch, mit der Objectivseite, zwischen den Trägern ganz durchgeschlagen werden, so dass man die Visur nach der entgegengesetzten Richtung machen kann.

Mit dem Rectificierschraubchen d wird die Libellenachse zur Ringachse (Fernrohrachse) parallel gestellt (§. 10); vier Schraubchen $\alpha\alpha$ und $\beta\beta$ dienen zur Verschiebung des Fadenkreuzes (§. 14).

Das Fernrohr ist ein astronomisches und besitzt bei dem beschriebenen Instrumente eine 25fache Vergrößerung.

Mit Hilfe der über den Nonien angeordneten Lupen p und g werden die Ableisungen am Horizontalkreise, beziehungsweise am Verticalbogen b vorgenommen.

Dieses Instrument ist nicht nur zum Messen von horizontalen und verticalen Winkeln, sondern auch zum Distanzmessen nach Reichenbach und zum Nivellieren eingerichtet. Man nennt solche Instrumente auch Universal-Nivellier-Instrumente.

§. 53. Der **Gebrauch des Theodolits** ist aus nachfolgenden Arbeitsvorgängen zu entnehmen. Um einen Horizontalwinkel zu messen, stellt man das Instrument mit dem Mittelpunkt des Limbus vertical über den Scheitel O des zu messenden Winkels AOB , dreht die Alhidade, bis die Kreuzlibelle l (Fig. 32) parallel und die Kreuzlibelle l' senkrecht auf der gedachten Verbindungslinie zweier Stellschrauben zu liegen kommen, und stellt die Limbusenebene mittelst der Stellschrauben s horizontal. Nun visiert man zweckmäßig (von links gegen rechts fortschreitend) die in den Schenkeln des Winkels befindlichen Fluchtstäbe A und B an und notiert die hierbei gemachten Ab-

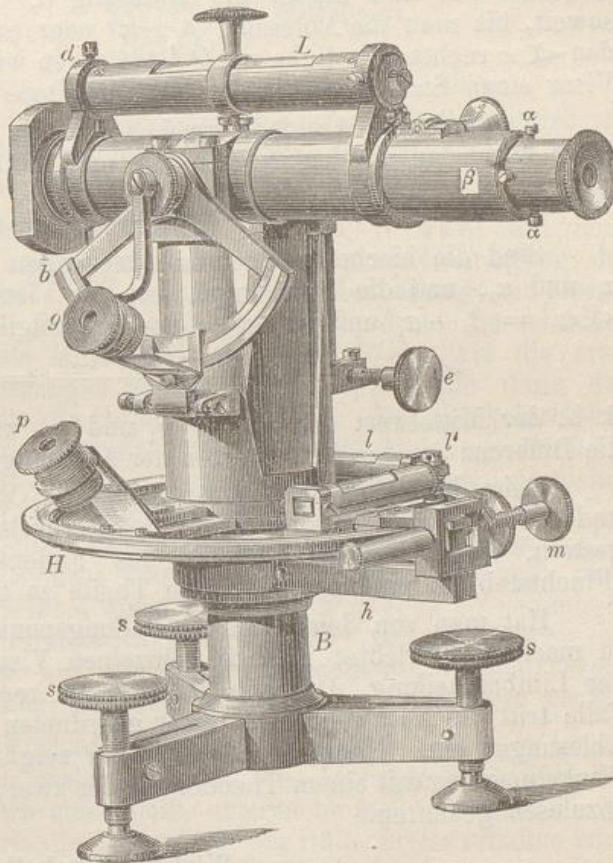


Fig. 32.

lesungen α und β ; die Differenz derselben gibt den gesuchten Winkel w im Gradmaße. Da die Bezifferung am Limbus von links gegen rechts fortläuft, ist die zweite Ablesung β größer als die erste und somit:

$$\sphericalangle w = \beta - \alpha \dots \dots \dots (12.)$$

Wird vor der zweiten Einstellung der Nullpunkt der Limbustheilung überschritten, so hat man statt β den Wert $(360^\circ + \beta)$ abzulesen, so dass in diesem Falle

$$\sphericalangle w = (360^\circ + \beta) - \alpha \dots \dots \dots (13.)$$

Hat man einen bestimmten $\sphericalangle w$ abzustecken, so stellt man sich mit dem Theodoliten im Scheitel O centrisch auf, visiert nach dem gegebenen Schenkel OA und macht die Ablesung α . Nun dreht man die Alhidade soweit, bis man die Ablesung $(\alpha + w)$ oder $(\alpha - w)$ erhält, je nachdem man den $\sphericalangle w$ rechts oder links von OA abstecken will und lässt in der so erhaltenen Visur einen Stab B einsetzen. Der erhaltene $\sphericalangle AOB = \sphericalangle w$.

Sind mit der Alhidade zwei Nonien in Verbindung, so liest man bei jeder Visur an beiden Nonien ab und nimmt aus den sich ergebenden

Winkeln w_1 und w_2 das arithmetische Mittel $w = \frac{w_1 + w_2}{2}$.

Sind die hierbei gemachten Ablesungen bei der Visur nach A : α_1 und α_2 , und die Ablesungen bei der Visur nach B : β_1 und β_2 , so ist $\sphericalangle w_1 = \beta_1 - \alpha_1$ und $\sphericalangle w_2 = \beta_2 - \alpha_2$, folglich der Mittelwert

$$\sphericalangle w = \frac{(\beta_1 - \alpha_1) + (\beta_2 - \alpha_2)}{2} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \dots (14.)$$

d. h. der Mittelwert der Winkel w_1 und w_2 wird auch gefunden, wenn man die Differenz aus den Mittelwerten der Ablesungen an den beiden Nonien bildet.

Beim Einstellen der Visuren nach den Objecten benützt man die grobe und die feine Horizontalbewegung des Fernrohres. Die Visur ist richtig eingestellt, wenn der Verticalfaden des Fadenkreuzes das anvisierte Object (Fluchtstab) in zwei symmetrische Theile zu theilen scheint.

Hat man von demselben Aufstellungspunkte mehrere Winkelmessungen zu machen, so richtet man die einzelnen Visuren im Sinne der Bezifferung der Limbustheilung, d. h. von links gegen rechts fortschreitend. In diesem Falle tritt die Nothwendigkeit einer geordneten Aufschreibung der gemachten Ablesungen ein. Nachfolgendes Beispiel zeigt die Aufschreibungen bei einer Winkelmessung mit einem Theodoliten, der zwei Nonien besitzt, welche Minuten abzulesen gestatten.

Winkel - Protokoll.

Visur		Ablesung		Mittelwert	Anmerkung
von	nach	1. Nonius	2. Nonius		
A	C	35°32'5"	215°33'0"	35°32'75"	
	D	82°14'0"	262°15'0"	82°14'50"	
	E	105°26'0"	285°26'5"	105°26'25"	
	B	247°35'0"	67°35'5"	247°35'25"	
B	A	315°46'0"	135°47'0"	315°46'50"	360° passiert.
	C	6°27'5"	186°27'5"	366°27'50"	
	D	48°35'0"	228°35'5"	408°35'25"	

Der jedesmalige Mittelwert, der um 180° verschiedenen Ablesungen an den beiden Nonien, wird am einfachsten erhalten, wenn man die am 1. Nonius

abgelesenen Grade beibehält und das Mittel aus den differierenden Minuten beider Ablesungen dazu setzt. So ist z. B. die Ablesung bei der Visur von *A* nach *C*

$$\begin{array}{r} \text{am 1. Nonius} = 35^{\circ} 32' 5'' \\ \text{am 2. Nonius} = 215^{\circ} 33' 0'' \\ \hline 65^{\circ} 5' : 2 = 32' 75'' \end{array}$$

Der Mittelwert beider Ablesungen ist somit $= 35^{\circ} 32' 75''$.

Aus diesen Mittelwerten lässt sich jeder gemessene Winkel leicht berechnen, z. B.:

$$\begin{array}{r} \text{Visur } AB \dots\dots 247^{\circ} 35' 25'' \text{ Mittelwert,} \\ \text{Visur } AD \dots\dots 82^{\circ} 14' 50'' \quad \quad \quad \text{,,} \\ \text{Somit } \sphericalangle BAD = \dots\dots \frac{165^{\circ} 20' 75''}{2} = 165^{\circ} 20' 45'' \end{array}$$

Bei der Überschreitung des Nullpunktes der Limbustheilung wird zur betreffenden Ablesung noch 360° addiert (Visur von *B* nach *C*) und in der Anmerkung des Winkel-Protokolles: „ 360° passiert“ bemerkt.

§. 54. **Genauere Winkelmessungen.** Ist ein Winkel mit noch größerer Schärfe zu messen, so nimmt man nach Beendigung der ersten Messung noch eine zweite Messung vor. Man schlägt zu diesem Zwecke das Fernrohr zwischen den Achsenlagern durch, dreht die Alhidade um 180° und nimmt die zweite Messung in derselben Weise wie die erste vor. Der aus den zwei Messungen gezogene Mittelwert gibt dann den wahrscheinlichen Wert für die Größe des Winkels. Das Winkelprotokoll wird in diesem Falle um eine Colonne für die zweite Messung vermehrt. Die auf diese Weise gemessenen Winkel sind dann von einem möglichen Excentricitätsfehler der Alhidade oder der Fernrohrachse befreit.

Misst man mehrere um einen Punkt gelegene Winkel, so soll man stets die Probe machen, ob deren Summe 360° beträgt. Ebenso darf man nicht unterlassen, die gemessenen Winkel eines *n*-seitigen Polygons zu summieren und nachzusehen, ob deren Summe $= (n - 2) \cdot 180^{\circ}$ ist. Zeigt sich ein kleiner Fehler, so wird dieser auf alle Winkel gleichmäßig vertheilt; zeigt sich jedoch ein größerer Fehler, so muss die Messung wiederholt werden.

§. 55. **Messung von Verticalwinkeln.** Um einen Verticalwinkel, d. h. jenen Winkel zu messen, welchen irgend eine geneigte Visierlinie mit dem Horizonte des Instrumentes einschließt, untersuche man zunächst, ob bei horizontaler Lage des Fernrohres die Ablesung 0° am Höhenkreise erhalten wird. Ist letzteres nicht der Fall, so verstellt man den Nonius, indem man die gegenüberstehenden Schraubchen desselben entsprechend dreht, bis der Nullpunkt des Nonius genau mit jenem des Höhenkreises übereinstimmt (§. 145). Macht man nun die Visur nach einem hoch oder tief gelegenen Punkte und liest den Stand α des Nonius am Höhenkreise ab, so gibt α den entsprechenden Verticalwinkel.

Bezüglich des in Fig. 32 dargestellten Instrumentes, welches auch als Reichenbach'scher Distanzmesser und als Nivellier-Instrument eingerichtet ist, gelten die in den §§. 32, 33 und 142, 143 gegebenen Erklärungen.

§. 56. **Die Genauigkeit der Winkelmessung** hängt von der Schärfe der Visur und von der Genauigkeit der Theilung am Limbus und am Nonius ab. Da nach §. 19 der mittlere Fehler einer Visur mit einem Fernrohre auf $\frac{10''}{v}$ angenommen werden kann, so ist dieser bei einer einfachen Winkelmessung

mittelst zweier Visuren gleich $\frac{20''}{v}$. Dieser mittlere Fehler kann aber durch die Unsicherheit der Ablesungen am Nonius vergrößert werden. Gibt der Nonius z. B. $20''$ an, so lässt sich die Genauigkeit einer Ablesung noch auf die halbe Angabe desselben, d. h. auf $10''$, somit die des gemessenen Winkels auf $20''$ verbürgen.

Bei jeder Winkelmessung sind somit zwei Fehlerquellen vorhanden, u. z. die Unsicherheit im Einstellen der Visur und das unsichere Ablesen am Nonius.

Die Richtigkeit eines gemessenen Winkels kann daher nur bis auf die Summe dieser zwei mittleren Fehler verbürgt werden.

§. 57. **Boussolen-Instrumente.** Mit diesen Instrumenten wird jener Winkel gemessen, welchen eine bestimmte Visur mit der Richtung einer frei beweglichen Magnetnadel bildet (Azimuthwinkel).

Die frei bewegliche Magnetnadel hat die Eigenschaft, an jedem Orte der Erde eine ganz bestimmte Richtung einzunehmen, welche für kleine Zeitintervalle unverändert bleibt. Diese Richtungen können für nicht zu weit entfernte Orte als parallel angenommen werden.

Die Boussolen-Instrumente bestehen im Wesentlichen aus einer Visiervorrichtung, ferner einem nach dem Gradmaße eingetheilten Kreise und aus einer Magnetnadel. Nach der Art der Visiervorrichtung unterscheidet man die einfache Diopterboussole und die Fernrohrboussole.

§. 58. Als **Diopterboussole** dient häufig das in Fig. 33 abgebildete Instrument. Dieses besteht aus zwei übereinanderstehenden Winkeltrommeln, von welchen die untere feststeht, während die obere mittelst des Triebes k um die gemeinschaftliche lothrechte Achse gedreht werden kann. Die obere Trommel trägt einen Theilkreis, die untere einen Nonius. Im Mittelpunkte der oberen, mit einer Gradtheilung versehenen Bodenfläche ist der Drehungspunkt einer frei beweglichen Magnetnadel, deren jedesmaliger Stand an der zugehörigen Gradtheilung abgelesen werden kann, angeordnet.

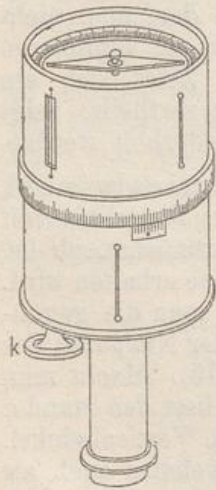


Fig. 33.

Das Instrument kann als gewöhnlicher Winkelmesser und auch als Boussoleninstrument benützt werden.

Im ersteren Falle steckt man das Instrument auf den Zapfen eines Zapfenstatives und stellt dieses genau vertical über den Scheitel des zu messenden Winkels.

Nun richtet man die Visur durch Herumdrehen der unteren Trommel auf dem Zapfen nach dem einen Schenkel und dreht an dem Triebe k , bis die dem Nullpunkte der Theilung entsprechende Spalte der oberen Trommel in die Richtung des zweiten Schenkels gelangt. Die Ablesung am Nonius ergibt sodann den gesuchten Winkel. Nach der Drehung der oberen Trommel sieht

man zur Controle nach, ob die erste Visur durch die untere Trommel keine Veränderung erlitten hat.

Die obere Trommel bildet an und für sich eine Diopterboussole, die folgendermaßen zu gebrauchen ist: Man stellt dieselbe mit ihrem Mittelpunkte vertical über den Scheitel C (Fig. 34) des zu messenden Winkels ACB , dreht

die obere Trommel so lange, bis die Visur durch die dem Nullpunkte entsprechende Spalte genau nach *A* geht und macht an der Nordspitze der Nadel die Ablesung α . Da in dieser Stellung der Nullpunkt der Theilung der Richtung *CA* entspricht und die Theilung von rechts gegen links beziffert ist, so gibt die Ablesung α den Winkel *NCA*, d. h. den magnetischen Azimuth der Geraden *CA*. Bestimmt man auf dieselbe Weise den magnetischen Azimuth β der Geraden *CB*, so ist:

$$\sphericalangle ACB = \beta - \alpha.$$

Bei der Boussole beachte man, dass der Limbus mit der Visiervorrichtung gedreht wird, während die Nordspitze der Nadel den festen Zeiger bildet. Um den Winkel genauer zu erhalten, liest man gewöhnlich an beiden Spitzen der Nadel ab und nimmt aus beiden Ablesungen das arithmetische Mittel.

Die Magnetnadel wird durch einen Hebelarm aus ihrem Lager gehoben und gegen den das Gehäuse überdeckenden Glasdeckel angepresst, wenn man sie außer Gebrauch setzt. Diese Ausrückung heißt das „Arretieren der Magnetnadel.“

§. 59. **Fernrohrboussole.*)** Dieses in Fig. 35 dargestellte Instrument besteht aus der Grundplatte *AB*, welche mit der Hülse *h* fest verbunden ist und durch letztere mittelst einer Klemmschraube auf den Zapfen eines Zapfenstativs festgemacht werden kann.

Die Grundplatte trägt zwei Stellschrauben *s* und eine in einer Hülse *f* aufwärts drückende Spiralfeder. Mit den Stellschrauben wird die Scheibe *CD* horizontal gestellt, und zwar mit Hilfe der am Rohrständler angebrachten Libelle *L*. Um den Mittelpunkt der Scheibe *CD* lässt sich der Rohrständler, welcher die Boussole *EF* und

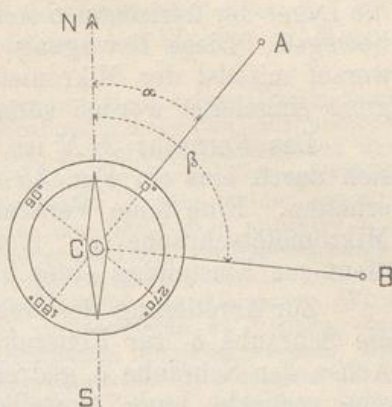


Fig. 34.

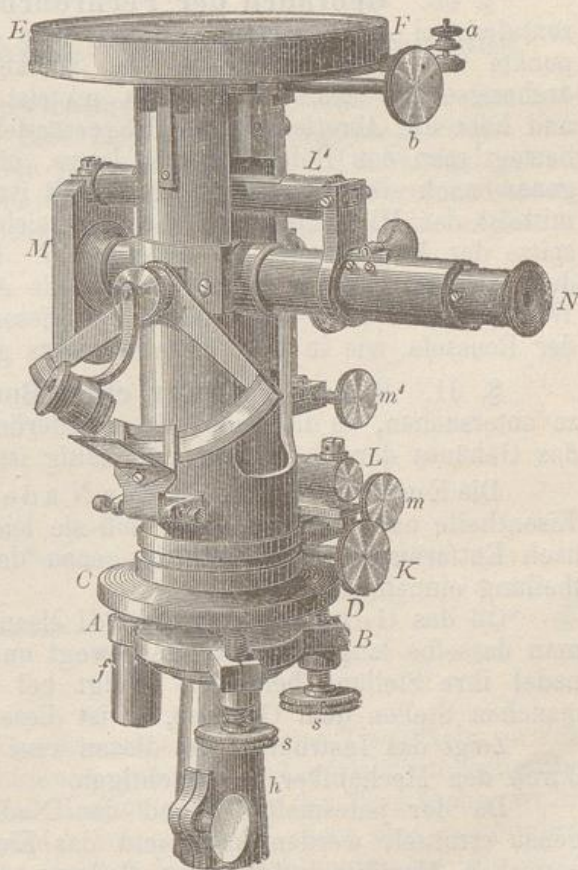


Fig. 35.

*) Aus der Werkstätte von Starke und Kammerer in Wien. Preis des Instrumentes sammt Kasten und Stativ: 250 fl.

die Lager der horizontalen Achse des Fernrohres MN trägt, im Kreise herum-bewegen. Diese Bewegung lässt sich durch die Klemmschraube K sperren, worauf mittelst der Mikrometerschraube m noch eine feine Horizontalbewegung eingeleitet werden kann.

Das Fernrohr MN ist um seine horizontale Achse drehbar und lässt sich durch eine (in Fig. 35 nicht sichtbare) Klemmschraube in jeder Lage erhalten. Eine feine Verticalbewegung des Fernrohres erfolgt dann mit der Mikrometerschraube m' . Auf dem Fernrohre sitzt eine Libelle L' fest und dient zur Einstellung einer horizontalen Visur.

Zur Arretierung der Magnetnadel benützt man die Schraube a , während die Schraube b zur Fixierung der Boussole dient. Letztere kann um die Achse der Schraube b gedreht werden, so dass sich die Boussolebüchse in eine verticale Lage einstellen lässt, worauf dann das Fernrohr durchschlagbar ist, d. h. so gedreht werden kann, dass M mit N wechselt. Dieses Instrument kann auch zur Messung von Höhenwinkeln verwendet werden, da mit der horizontalen Fernrohrachse ein Gradbogen verbunden ist, dessen Nonius am Rohrständler des Fernrohres angebracht ist.

§. 60. **Gebrauch der Fernrohrboussole.** Will man einen Horizontalwinkel ACB messen, so stellt man das Instrument mit seinem Mittelpunkt über den Scheitel C des Winkels, richtet die horizontale Umdrehungsebene des Rohrständlers mittelst der Stellschrauben s horizontal und hebt die Arretierung der Magnetnadel mit der Schraube a auf. Nun bewegt man den Rohrständler so lange, bis die Visur durch das Fernrohr genau nach dem Objecte A eingestellt ist, was durch die feine Bewegung mittelst der Mikrometerschraube m erreicht wird, und macht an der Nordspitze der Magnetnadel die Ablesung α . Richtet man jetzt die Visur nach dem zweiten Objecte B und macht die Ablesung β , so ist der gesuchte Winkel $ACB = \beta - \alpha$. Auch bei diesem Instrumente ist der Theilkreis der Boussole, wie in Fig. 34, von rechts gegen links beziffert.

§. 61. Bei der **Prüfung eines Boussole-Instrumentes** hat man zu untersuchen, ob die Nadel die erforderliche Empfindlichkeit besitzt und ob das Gehäuse derselben nicht eisenhaltig ist.

Die Empfindlichkeit der Nadel prüft man, indem man derselben Eisentheile nahe bringt; dabei soll sie leicht aus ihrer Lage kommen und nach Entfernung der Eisentheile genau den früheren Stand an der Kreistheilung einnehmen.

Ob das Gehäuse der Nadel eisenfrei ist, prüft man dadurch, dass man dasselbe langsam im Kreise bewegt und nachsieht, ob dabei die Magnetnadel ihre Stellung beibehält. Folgt bei dieser Bewegung die Nadel an manchen Stellen dem Gehäuse, so ist dieses nicht eisenfrei.

Zeigt das Instrument bei diesen zwei Prüfungen Fehler, so sind diese durch den Mechaniker zu berichtigen.

Da der jedesmalige Stand der Nadel an der Theilung nicht sehr genau ermittelt werden kann und das Einspielen der Nadel in den magnetischen Meridian wegen der Reibung der Nadel u. s. w. immer etwas unsicher ist, da endlich auch der Stand der Nadel kleinen, regelmäßigen Änderungen oder auch größeren Störungen, Schwankungen unterworfen ist, so geben die Arbeiten mit den Boussole-Instrumenten nicht immer die wünschenswerte Genauigkeit. Man wendet sie daher nur für untergeordnete

Zwecke an, wie z. B. bei der Aufnahme von Waldwegen oder dort, wo der Wert der aufzunehmenden Fläche sehr gering ist, wie bei Weiden im Hochgebirge u. s. w.

Die Abweichung des magnetischen Meridians vom astronomischen (Declination) ist regelmäßigen Änderungen unterworfen. Sie ist für Europa im laufenden Jahrhunderte eine westliche, betrug im Jahre 1894 für Wien $9^{\circ} 33'$ und nimmt jährlich auf der ganzen Erde ein wenig ab. Diese Abweichung ist erst nach größeren Zeitintervallen bemerkbar und hat auf Winkelmessungen für die angeführten Zwecke keinen wesentlichen Einfluss. Dagegen sind die täglichen Änderungen der Declination mitunter von Bedeutung. Die Größe derselben hängt von der geographischen Lage des Beobachtungsortes ab. Sie variieren für einen großen Theil von Europa zwischen 5 und $15'$ und sind um 10 Uhr vormittags und zwischen 6 bis 8 Uhr nachmittags am kleinsten. Wird daher eine Arbeit zu verschiedenen Zeiten des Tages vorgenommen, so können einzelne Winkelmessungen durch die Änderungen der Declination ungenau werden. Die unregelmäßigen Schwankungen zeigen sich bei meteorologischen Änderungen durch starke Abweichungen der Nadel oder durch fortwährendes Zittern derselben, daher während dieser Zeit die Arbeit einzustellen ist.

Das Boussolen-Instrument gewährt vor allen anderen Winkelmessinstrumenten den Vortheil, dass es nicht im Scheitelpunkte des zu messenden Winkels aufgestellt zu werden braucht, da man die magnetischen Azimuthe beider Richtungen auch durch Aufstellungen des Instrumentes in beliebig gewählten Punkten der Schenkel des Winkels bestimmen kann.

c) Instrumente zur graphischen Winkelbestimmung.

§. 62. **Einleitende Bemerkungen.** Die wesentlichsten Bestandtheile dieser Instrumente bilden: Eine Ebene (Messtischplatte), welche über den Scheitelpunkt des zu messenden Winkels gebracht und horizontal gestellt werden kann und eine Visiervorrichtung (Diopterlineal oder Fernrohrdiopter), welche die jedesmalige Visierrichtung auf der horizontalen Ebene angibt.

Bringt man den Punkt c (Fig. 36) der Ebene MN vertical über den Punkt C des Terrains, stellt die Ebene horizontal, legt an c die Linealkante eines Diopterlineales, richtet dieses hintereinander nach zwei Objecten A und B und zieht jedesmal an der Linealkante feine Bleilinen (Rayons) ca und cb , so ist $\sphericalangle acb = \sphericalangle \alpha$ der auf den Horizont reducierte Winkel ACB .

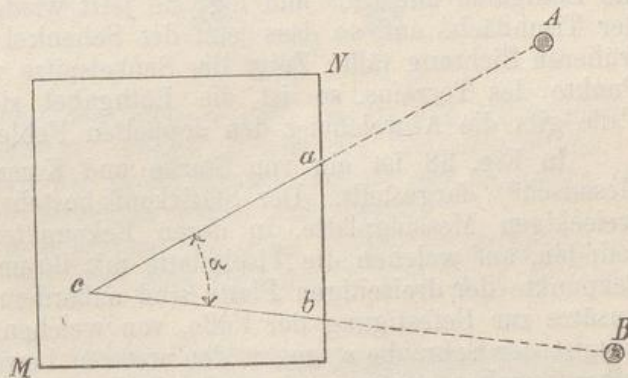


Fig. 36.

§. 63. **Der Messtisch** besteht aus einer ebenen Tischfläche, welche mit einem Dreifußstative in Verbindung gebracht und mittelst Stellschrauben horizontal gestellt werden kann. Zur Horizontalstellung der Tischfläche, welche vor dem Gebrauche mit Zeichenpapier bespannt wird, dient eine gewöhnliche Setzlibelle (§. 9), welche in zwei verschiedenen Richtungen auf die Ebene gesetzt und in jeder Lage mittelst der entsprechenden Stellschrauben zum Einspielen gebracht wird (§. 11).

Der Messtisch dient mit Zuhilfenahme eines Diopterlineales zur graphischen Bestimmung der Winkel einer aufzunehmenden Figur und da-

durch zur Darstellung der Figur im verjüngten Maße. Damit dieser Zweck erreicht wird, hat man Vorrichtungen angeordnet, welche eine grobe und eine feine Bewegung der Tischplatte im Kreise herum, sowie auch eine geradlinige Verschiebung derselben gestatten, so dass jeder beliebige Punkt des Tischblattes vertical über den betreffenden Punkt des Terrains gebracht werden kann. Letzteres beurtheilt man durch eine Lothgabel, welche aus Holz angefertigt wird und gewöhnlich die in Fig. 37 angegebene Form zeigt. Beim Gebrauche derselben wird der kürzere Schenkel ab auf die Tischfläche aufgelegt und der längere Schenkel bm nach abwärts gerichtet.

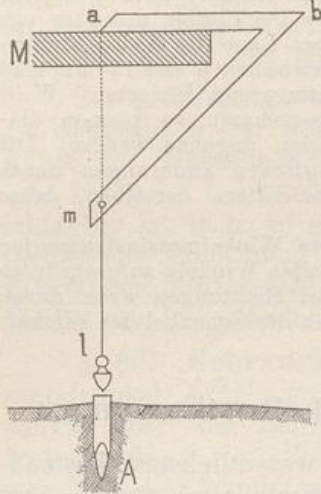


Fig. 37.

Im Endpunkte m des letzteren wird die Schnur ml eines Senkels eingezogen. Deren verlängerte Richtung geht bei horizontaler Tischfläche durch den Endpunkt a des kürzeren Schenkels, wenn der Senkel seiner eigenen Schwere überlassen wird. Legt man die Lothgabel mit a an den angenommenen Punkt der horizontalen Tischplatte und verschiebt die letztere, bis die Senkelspitze genau nach dem Terrainpunkte A zeigt, so liegt a vertical über A .

Bei einer richtigen Lothgabel muss am senkrecht auf ab stehen. Die diesbezügliche Prüfung erfolgt in der Weise, dass man die Lothgabel mit a an einen Punkt der horizontalen Tischfläche legt und den entsprechenden Punkt A des Terrains markiert. Nun dreht man die Lothgabel um 180° und legt sie jetzt wieder mit a an denselben Punkt der Tischfläche auf, so dass jetzt der Schenkel ab in die Verlängerung der früheren Richtung fällt. Zeigt die Senkelspitze nach dem vorerst markierten Punkte des Terrains, so ist die Lothgabel richtig, im entgegengesetzten Falle gibt die Abweichung den doppelten Fehler derselben.

In Fig. 38 ist ein von Starke und Kammerer in Wien construirter Messtisch*) dargestellt. Der Stativkopf besteht aus einer durchbrochenen, dreieckigen Messingplatte, in deren Eckpunkten sich die Stellschrauben s befinden, auf welchen die Tischplatte mit ihrem Untertheile ruht. An jedem Eckpunkte der dreieckigen Platte sind außerdem noch zwei halbkugelförmige Ansätze zur Befestigung der Füße, von welchen der eine fest ist, der andere mittelst der Schraube s' gegen den ersteren bewegt werden kann. Die Füße selbst bestehen aus je zwei runden Stäben, welche unten durch eine Zwinge, oben durch ein Querstück, verbunden sind. Jeder Stativfuß wird mit den concav ausgedrehten Zapfenansätzen zwischen die beschriebenen kugelförmigen Ansätze der Kopfplatte mittelst der entsprechenden Schraube s' eingeklemmt und letztere durch die Klemmschrauben k fixiert. Sind auf diese Weise alle drei Füße mit der Kopfplatte verbunden, so wird nun der aus zwei übereinander stehenden Gliedern A und B bestehende Theil aufgesetzt. Der Cylinder A sitzt mit seinen drei Armen a auf den Stellschrauben s des

*) Für Österreich patentirt und in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereines (Jahrgang 1860) veröffentlicht. Preis des Messtisches mit 2 Messtischblättern: 85 fl.

Statives auf. Nach erfolgter Horizontalstellung kann er mittelst des durch den Ausschnitt der Kopfplatte durchgesteckten Centralzapfens mit der unten befindlichen Schraubemutter angezogen und so mit dem Stative fest verbunden werden. Der obere Cylinder *B* ist um einen mit *A* verbundenen Metallzapfen drehbar und trägt die drei Arme *a'*, auf welche das Tischblatt (Tischplatte) mit seinen drei Backen aufgesetzt wird. Behufs Vornahme einer feinen Kreisbewegung ist an dem Cylinder *B* ein Messingring aufgeschraubt, an welchen ein vorspringender zweiter Ring mittelst einer Druck- oder Klemmschraube *r* fest angepresst werden kann. Letzterer Ring hat ferner einen Ansatz, durch welchen eine Mikrometerschraube *m* geht, die in dem mit *a* fest verbundenen Ansätze *b* ihre Mutter hat. Zur Beseitigung des toten Ganges ist um die Mikrometerschraube eine Spiralfeder eingelegt. Durch Lüften der Klemmschraube *r* des vorspringenden Ringes wird die grobe Kreisbewegung des Cylinders *B* eingeleitet und durch Anziehen derselben wieder aufgehoben.

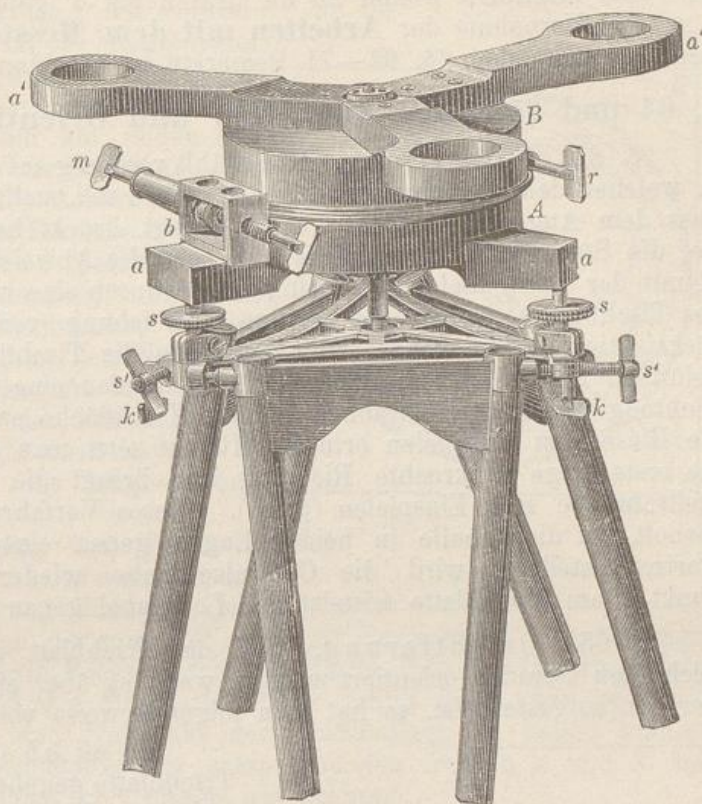


Fig. 38.

Ist die Klemmschraube *r* angezogen, so kann durch die Mikrometerschraube *m* dem Ringe und mit ihm dem Cylinder *B* eine feine Kreisbewegung ertheilt werden.

Das Tischblatt *MN* (Fig. 38 *a*) hat an seiner unteren Fläche drei runde Backen *xy* angeschraubt. Mit diesen wird dasselbe auf die drei Arme *a'* des Cylinderstückes *B* aufgelegt. Jede Backe ist nach innen kreisförmig ausgeschnitten und enthält im Innern eine radförmige Metallplatte, deren Durchmesser kleiner ist, als der Backenausschnitt, so dass sich die Platte im letzteren verschieben lässt. Im Mittelpunkte dieser Platte greift die Schraube *u* ein, auf deren Kopfe eine der ersteren Platte ähnlich geformte Platte *p* frei aufliegt. Beim Anziehen der Schraube *u* wird die Backe *xy* an den Arm *a'* gepresst und zwischen den erwähnten zwei Platten festgehalten. Sind die drei Schrauben *u* gelüftet, so kann der Tischplatte eine Verschiebung im wagrechten Sinne

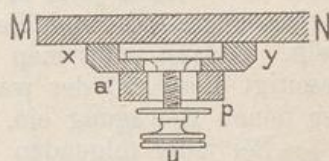


Fig. 38 a.

ertheilt werden, so weit es die Spielräume zwischen den inneren Platten und den Backenausschnitten gestatten. Durch Anziehen der drei Schrauben u wird das Tischblatt wieder an die drei Arme a' gepresst.

Bei Vornahme der **Arbeiten mit dem Messtische** hat man das in den nachstehenden §§. 64—71 Bemerkte zu beachten.

§. 64 und 65. Das Aufstellen und Orientieren des Tisches.

§. 64. **Aufstellung.** Man wählt vorläufig auf dem Tische einen Punkt a , welcher dem Terrainpunkte A entsprechen soll, stellt den Messtisch so auf, dass dem Augenmaße nach a über A liegt, drückt behutsam und thunlichst tief die Stativ-Füße in die Erde ein, prüft die Abweichung der Punkte a und A mit der Lothgabel und beseitigt diese durch eine wagrechte Verschiebung des Tischblattes, wobei eine geringe Abweichung (von etwa 3—4 cm) unberücksichtigt bleiben kann. Nun stellt man die Tischfläche bei einigermaßen gelüfteter Centralschraube horizontal, indem man eine Setzlibelle zuerst in die Richtung zweier Stellschrauben auf die Tischfläche auflegt und mit diesen die Blase zum Einspielen bringt. Hierauf setzt man die Libelle in eine auf die erste Lage senkrechte Richtung und bringt die Blase mit der dritten Stellschraube zum Einspielen (§. 11). Dieses Verfahren wird so lange wiederholt, bis die Libelle in beiden Lagen genau einspielt. Nach erfolgter Horizontalstellung wird die Centralschraube wieder angezogen und der Punkt a am Tischblatte mittelst der Lothgabel genau bestimmt.

§. 65. **Orientierung.** Soll das Tischblatt nach einer darauf gezeichneten Geraden orientiert werden, wenn es über einem Endpunkte dieser Geraden aufgestellt ist, so hat man folgenderweise vorzugehen:

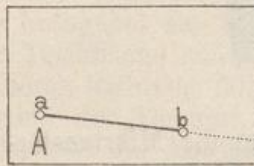


Fig. 39.

Es sei ab (Fig. 39) die auf dem Tischblatte gegebene Gerade, welche der auf dem Felde abgesteckten Geraden AB entspricht, und es soll der Tisch in A aufgestellt, ferner nach ab orientiert werden.

Man stellt den Tisch mit a über A , orientiert denselben dem Augenmaße nach, prüft die Abweichung der Punkte a und A mit der Lothgabel und beseitigt nun diese durch eine wagrechte Verschiebung des Tischblattes oder, wenn letztere nicht mehr ausreicht, durch ein Übersetzen des Tisches. Die Füße werden jetzt in den Boden eingedrückt, eingerammt, das Tischblatt horizontal gestellt und die Visur nach B mit der groben Bewegung eingestellt. Sodann prüft man nochmals die Abweichung der Punkte a und A , beseitigt diese mit der wagrechten Verschiebung und stellt die Visur mittelst der feinen Bewegung ein.

Bei jeder folgenden Aufstellung des Messtisches muss die Tischfläche zunächst nach einer vom Aufstellungspunkte ausgehenden Geraden orientiert werden. Ist die Orientierung richtig durchgeführt, so müssen alle von demselben Standpunkte gezogenen Rayons nach den entsprechenden Terrainpunkten gerichtet sein. Diese Bedingung muss stets bei der Prüfung einer Messtischaufnahme erfüllt werden.

§. 66. **Orientierungs-Boussole.** Zur Orientierung des Messtisches benützt man in manchen Fällen auch die Orientierungs-Boussole (Fig. 40).

Diese besteht aus einem cylindrischen Messing-Gehäuse, welches oben mit einem Glasdeckel abgeschlossen und unten auf einer quadratischen Fußplatte $ABCD$ aufgeschraubt ist. Im Mittelpunkte o des Gehäuses ist die Magnetnadel NS auf einem Dorne gelagert. Der bei Z befindliche Schraubenkopf dient zum Arretieren der Nadel und die am Boden des Gehäuses angebrachte Gradtheilung zur Angabe der magnetischen Azimuthe.

Um mit Hilfe dieser Boussole die Richtung des magnetischen Meridianes auf dem Messtische zu bestimmen, dreht man sie so lange auf der Tischfläche, bis die Nordspitze der Nadel über den Nullpunkt der Theilung zu stehen kommt, legt an die Kante BC (oder AD) der Fußplatte das Diopterlineal an und zieht einen Rayon NS , welcher die Richtung des magnetischen Meridianes angibt.

Wird in der Folge der Tisch in einem anderen Punkte, z. B. in x aufgestellt, so erfolgt die Orientierung dadurch, dass man das Diopterlineal an die mit „N“ und „S“ bezeichnete Orientierungslinie, an dieses wieder die Boussole mit der Kante BC der Unterlagsplatte behutsam anschiebt und das Messtischblatt so lange dreht, bis die Nordspitze der Nadel über den Nullpunkt der Gradtheilung zu liegen kommt. Nun prüft man die Abweichung der entsprechenden Punkte x und X mit der Lothgabel und verfährt im Übrigen wie bekannt.

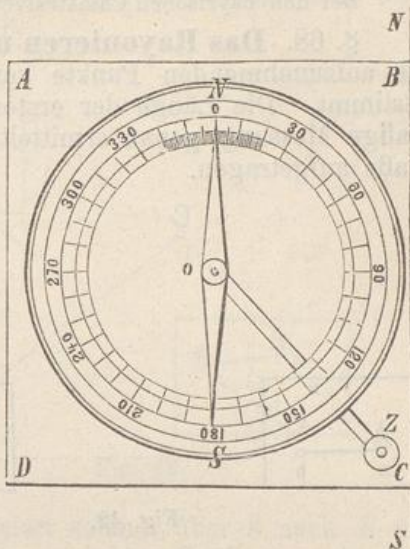


Fig. 40.

§. 67. **Das Rayonieren und Messen.** Man versteht darunter jenes Verfahren, nach welchem man die aufzunehmenden Punkte einer Figur, von einem einzigen Standpunkte des Messtisches aus, festlegt.

Ist der Messtisch mit c (Fig. 41) über dem entsprechenden Terrainpunkte C aufgestellt und sind die Punkte A und B aufzunehmen, so visiert man nach A und B , zieht die Rayons ca und cb , misst die Strecken CA und CB und überträgt diese in einem verjüngten Maße nach ca und cb auf das Tischblatt; dann sind a und b die entsprechenden Punkte zu A und B in der Natur.

Die Richtigkeit dieses Verfahrens folgt aus der Ähnlichkeit der Dreiecke abc und ABC .

Aus derselben folgt ferner:

$$ac : AC = bc : BC = ab : AB.$$

Die Verbindungslinie ab entspricht daher der Strecke AB . In gleicher Weise können weitere Punkte vom Standpunkte C bestimmt werden.

Da bei dieser Methode die vielen Längenmessungen zeitraubend und häufig ganz unmöglich sind, so verwendet man gewöhnlich ein Fernrohrdiopter, dessen Fadenkreuz mit dem Distanzmesser nach Reichenbach versehen

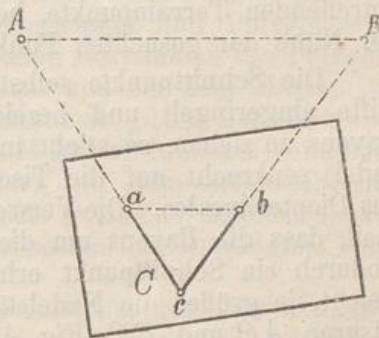


Fig. 41.

ist, und bestimmt die einzelnen Distanzen nicht durch wirkliches Messen, sondern nach der in den §§. 32 und 33 angegebenen Methode.

Bei den bayrischen Catastralvermessungen kam letztere Methode zur Anwendung.

§. 68. **Das Rayonieren und Schneiden.** Bei dieser Methode werden die aufzunehmenden Punkte von zwei Standpunkten des Messtisches aus bestimmt. Die Länge der ersten Standlinie wird durch eine zwei- bis dreimalige Messung genau ermittelt und auf das Messtischblatt in verjüngtem Maße aufgetragen.

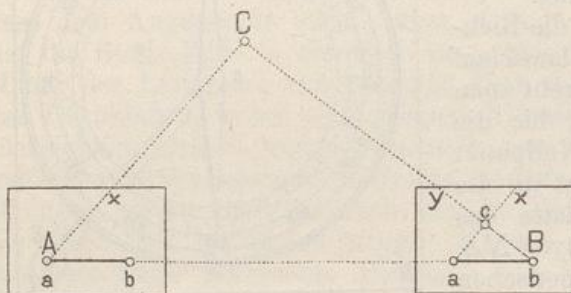


Fig. 42.

Es sei AB (Fig. 42) die gemessene Standlinie und ab die ihr entsprechende Gerade auf dem Tische; es soll der dem Terrainpunkte C entsprechende Punkt c auf der Tischfläche bestimmt werden.

Man stellt den Messtisch mit a über A , orientiert ihn mittelst ab nach B , visiert von a nach C und zieht den Rayon ax . Hierauf bringt man den

Messtisch nach B , stellt ihn mit b darüber, orientiert ihn mittelst ba nach A , visiert von b nach C und zieht den Schnitt by . Der Schnitt von by mit ax gibt den Punkt c . Die Richtigkeit dieses Verfahrens folgt wieder aus der Ähnlichkeit der Dreiecke abc und ABC . Aus dieser folgt:

$$ac : AC = bc : BC = ab : AB; \text{ d. h.}$$

die erhaltenen Längen ac und bc stehen zu den entsprechenden Strecken AC und BC im angenommenen Verjüngungsverhältnisse von $ab : AB$.

In gleicher Weise bestimmt man auch weitere Punkte durch Rayons und Schnitte.

Die Rayons erhalten am Tischrande die Bezeichnung (Nummer) der betreffenden Terrainpunkte, bei den Schnitten ist es nur nöthig, dieselben in der Nähe der gesuchten Punkte zu ziehen.

Die Schnittpunkte selbst werden mit der Nadel pikiert, mit dem Bleistifte eingeringelt und bezeichnet. Sind von einem Standpunkte aus viele Rayons zu ziehen, so sticht man in a , später in b eine feine Nadel (Anschlagnadel) senkrecht auf die Tischfläche ein und verwendet sie beim Anlegen des Diopterlineales. Die Verwendung der Anschlagnadel hat jedoch den Nachtheil, dass die Rayons um die halbe Nadelstärke seitwärts gerückt werden, wodurch ein Schnittpunkt erhalten wird, der vom richtigen umsomehr abweicht, je größer die Nadelstärke und je größer der Winkel ist, welchen die Visuren AC und BC (Fig. 42) mit einander einschließen. Genauer ist es, die Fußplatte der Tischlibelle in der Weise zu benützen, dass man die Libelle mit einer verticalen genauen Kante der Fußplatte genau über den Anschlagpunkt setzt, mit der linken Hand festhält und mit der rechten das Diopterlineal längs dieser Kante in die richtige Visur dreht.

Das Rayonieren und Schneiden ist vorzugsweise bei den österreichischen Catastral-Aufnahmen zur Verwendung gekommen. Bei der Pflöckbestimmung darf, laut Instruction, die Anschlagnadel nur dann benützt werden, wenn die Entfernung der zu bestimmenden Punkte vom Standorte 100 Klafter übersteigt.

§. 69. **Das Seitwärtsabschneiden** ist jenes Verfahren, nach welchem zu zwei auf dem Tische gegebenen Punkten noch ein dritter dadurch bestimmt wird, dass man den Tisch zuerst über einem der gegebenen und dann über dem zu bestimmenden Terrainpunkte aufstellt.

Sind A, B, C (Fig. 43) drei Punkte des Terrains, und a, b jene des Tischblattes entsprechend A, B , so kann der C entsprechende Punkt c auf folgende Art bestimmt werden:

Man stellt den Tisch mit a über A , orientiert denselben mit ab nach B , visiert sodann nach C und zieht den Rayon ax . Hierauf stellt man den Tisch über C so auf, dass ein vorläufig angenommener Punkt c' (ac' ist beiläufig abzuschätzen) über den Terrainpunkt C zu liegen kommt, orientiert $c'a$ nach A , visiert sodann über b nach B und zieht den Rayon, welcher sich mit ax in dem richtigen Punkte c schneidet. Der dem Punkte c entsprechende Terrainpunkt heißt C' ; derselbe liegt gewöhnlich in der Nähe von C , wird auch durch Herabsenkeln bestimmt und statt C verwendet; oder es wird C beibehalten, wenn die Abweichung vom Lothe nicht über 3—4 cm beträgt. Ist die Abweichung größer und muss, aus irgend welchem Grunde, der Terrainpunkt C beibehalten werden, so verschiebt man das Tischblatt entsprechend der Abweichung der Terrainpunkte C und C' , bis c vertical über C liegt, orientiert mit ca nach A und visiert abermals von b nach B . Der nun gezogene Rayon wird ax jedenfalls sehr nahe an c , oder genau in c schneiden. In diesem Falle ist der so erhaltene Schnittpunkt als der richtige beizubehalten.

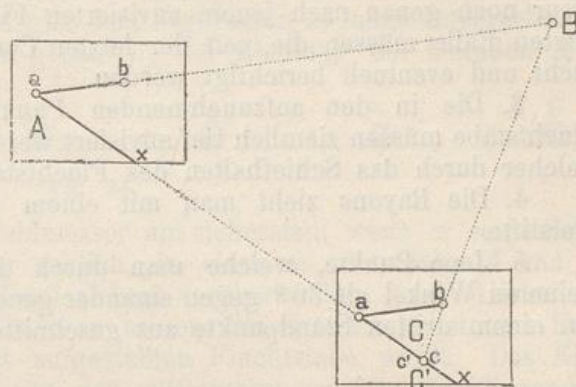


Fig. 43.

§. 70. **Das Umziehen.** Dieses ist eine Methode, nach welcher eine aufzunehmende Figur durch Messungen der Polygonwinkel und Polygonseiten bestimmt wird. Da man zu diesem Zwecke in allen Eckpunkten des Polygons eine Aufstellung mit dem Messtische machen muss und bei dem Messen der Seiten die ganze Figur umzieht, so heißt diese Methode „das Umziehen“. Bei der Aufnahme nach derselben stellt man den Messtisch in einem beliebigen Eckpunkte der aufzunehmenden Figur auf, visiert von dem entsprechenden Punkte des Tisches nach dem vor- und rückwärts gelegenen Nachbarpunkte, zieht die zugehörigen Rayons und trägt auf denselben die verjüngten Maße der gemessenen Strecken auf.

Im nächsten Aufstellungspunkte hat man zunächst das Tischblatt mit dem entsprechenden Rayon nach dem früheren Aufstellungspunkte zu orientieren und die Arbeit in angeführter Weise fortzusetzen.

§. 71. **Die Genauigkeit einer Messtischaufnahme.** Diese erfordert die Erfüllung nachstehender Bedingungen:

1. Das Tischblatt muss während der ganzen Aufnahme horizontal sein.
2. Man sehe öfters nach, ob alle Schrauben während der Arbeit fest angezogen sind, damit keine Verdrehung des Tischblattes eintreten kann.

Die stetige Controle wird der Feldmesser leicht üben können, wenn er einen gut bemerkbaren Punkt oder eine lothrechte Linie, z. B. eine Kirchthurmspitze, anvisiert, den entsprechenden Rayon zieht und an diesen während der Arbeit das Diopterlineal öfter anlegt und nachsieht, ob die Visur noch genau nach jenem anvisierten Fixpunkte geht. Im entgegengesetzten Falle müssen die, seit der letzten Controle gezogenen, Visuren untersucht und eventuell berichtigt werden.

3. Die in den aufzunehmenden Punkten vom Figuranten gehaltenen Fluchtstäbe müssen ziemlich tief anvisiert werden, damit ein möglicher Fehler, welcher durch das Schiefhalten des Fluchtstabes entsteht, vermieden wird.

4. Die Rayons zieht man mit einem harten, keilförmig zugespitzten Bleistifte.

5. Jene Punkte, welche man durch den Schnitt zweier unter einem kleineren Winkel als 30° gegen einander geneigter Rayons erhält, sollen noch von einem dritten Standpunkte aus geschnitten werden.

Hilfsmittel für Feldarbeiten.

§. 72. Zu den Feldarbeiten sind noch folgende Hilfsmittel erforderlich:

1. Das Detaillier- oder Skizzenbrettchen. Dasselbe besteht aus einem kleinen Reißbrette von etwa 30 cm Länge und 40 cm Breite, welches an der unteren Fläche mit einer Lederschleife versehen ist, damit es während des Gebrauches bequem auf der Handfläche gehalten werden kann. Auf dasselbe wird (mit 4—6 Reißstiften) das, für den Handriss der aufzunehmenden Figur bestimmte, Zeichenpapier befestigt.

2. Das Notizenbuch (Manuale). Dieses dient zur Eintragung aller Zahlenangaben und Vorkommnisse, welche während einer Aufnahme eintreten. Es ist von Wichtigkeit, die gemachten Notizen mit dem Datum des Tages und einer entsprechenden Überschrift zu versehen, so dass sich auch andere Personen in den Eintragungen leicht zurecht finden können.

3. Der Feldschirm dient zum Schutze der Instrumente gegen Sonnenhitze oder Regen. Derselbe ist mit grober, weißer Leinwand überzogen, wird mit seinem Stocke in die Hülse eines entsprechenden Stockstatives eingesetzt und mit der Spitze desselben in die Erde eingerammt.

4. Ein Requisitenbehälter zum Aufbewahren verschiedener, auf dem Felde nöthiger, Zeichenrequisiten, als: Zirkel, Bleistifte, Pikiernadeln, Federmesser, Gummielasticum u. s. w.

5. Zum Schutze der Zeichenfläche gegen Staub und Nässe erhält das Messtischblatt bei seinem Transporte einen Tischmantel aus Wachseleinwand.

B. Die Grundoperationen des Feldmessens.

§. 73. **Das Abstecken der Geraden.** Unter dem Abstecken einer Geraden versteht man das Bezeichnen entsprechend vieler Zwischenpunkte derselben durch Fluchtstäbe oder Absteckstäbe (§. 22) oder das Bezeichnen von Punkten in der Verlängerung einer Geraden. Die Entfernung der einzelnen Zwischenpunkte wird im ebenen und freien Terrain etwa 40

bis 50 m, im coupierten und nicht freien Terrain etwa 5 bis 20 m angenommen.

Soll zwischen den Endpunkten A und B (Fig. 44) eine Anzahl von Zwischenpunkten 1, 2, 3, ... ausgesteckt werden, so stellt sich der Feldmesser vor dem Stabe A oder B auf und gibt dem Figuranten so lange entsprechende Zeichen, bis dieser seinen Stab genau in der Richtung der Geraden AB

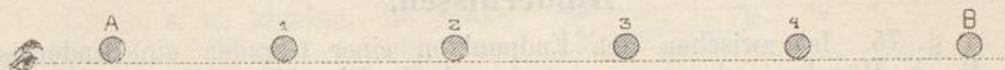


Fig. 44.

hält. Letzteres beurtheilt der Feldmesser am sichersten, wenn er seine Sehstrahlen ziemlich tief und zwar seitlich, in einer an die Stäbe A und B gedachten, diese berührenden, Verticalebene vorüberstreifen lässt. Hierbei ist es zweckmäßig, dass der Beobachter seinen Standpunkt in einiger Entfernung vor dem ihm zunächst aufgestellten Fluchtstabe wählt. Das Einvisieren der Stäbe erfolgt stets von den entfernteren zu den näherliegenden Punkten. Der Controle wegen ist auch an der anderen Seite der Stäbe vorbei zu visieren. Auf ähnliche Weise wird eine Gerade nach der einen oder nach der anderen Seite hin verlängert.

Bei allen Feldarbeiten ist es nothwendig, dass der Feldmesser seinem Figuranten vor der Arbeit eine Belehrung über den Zweck derselben gibt und mit ihm gewisse Zeichen zur gegenseitigen Verständigung verabredet. Beim Einvisieren der Stäbe gibt z. B. der Feldmesser durch eine wagrechte Bewegung der rechten oder linken Hand die Zeichen für das Verrücken des Stabes nach der rechten oder linken Seite hin, während eine Handbewegung nach abwärts anzeigt, dass der Figurant seinen Stab bereits in der Richtung der Geraden hält und denselben lothrecht in den Boden einsetzen soll.

Alle eingesetzten Stäbe sind mit Hilfe eines Senkels vertical zu richten.

§. 74. Absteckung einer Geraden mittelst eines Theodolits.

In der Baupraxis wird häufig das Abstecken einer Geraden verlangt, welche die Richtung einer Straßen- oder Eisenbahnachse angeben soll. Man verwendet dann zur Absteckung derselben den Theodolit, weil das Visieren mit diesem viel genauer und schneller bewerkstelligt wird als mit freiem Auge. Der Vorgang ist nachfolgender:

Man stellt den Theodolit genau centrisc über einen Endpunkt der auszusteckenden Geraden AB , z. B. über A , stellt die Limbusebene horizontal und visiert den in B stehenden Fluchtstab so an, dass der Verticalfaden des Fadenkreuzes genau nach der Mittellinie des Stabes eingestellt ist. Letzteres kann mit Hilfe der Mikrometerschraube für die Horizontalbewegung der Alhidade sehr scharf durchgeführt werden. Nun lüftet man etwas die Klemmschraube für die Verticalbewegung des Fernrohres und visiert nach und nach die einzelnen Zwischenpunkte ein, die innerhalb AB ausgesteckt werden sollen.

Der Figurant hält dabei den einzuvisierenden Stab lothrecht und lässt sich von dem Aufnahmsleiter durch Zeichen mittelst Handbewegungen in die Richtung von AB einvisieren. Die Zwischenpunkte langer Geraden werden gewöhnlich nicht durch Fluchtstäbe, sondern durch Absteckstäbe bezeichnet.

Soll die Gerade über A verlängert werden, so schlägt man das Fernrohr durch und visiert in der entgegengesetzten Richtung weitere Punkte

ein. Hier ist auch zu bemerken, dass man mit dem Visieren immer von den weiterliegenden zu den nähergelegenen Punkten fortschreiten soll. Jeder einvisierte Stab muss seiner ganzen Mittellinie nach mit dem Verticalfaden des Fadenkreuzes übereinstimmen.

§ 75 bis 77. Absteckungen von Geraden bei vorkommenden Hindernissen.

§. 75. Ist zwischen den Endpunkten einer Geraden ein Hindernis, z. B. ein Hügel, so dass man von A nach B (Fig. 45) nicht sehen kann,

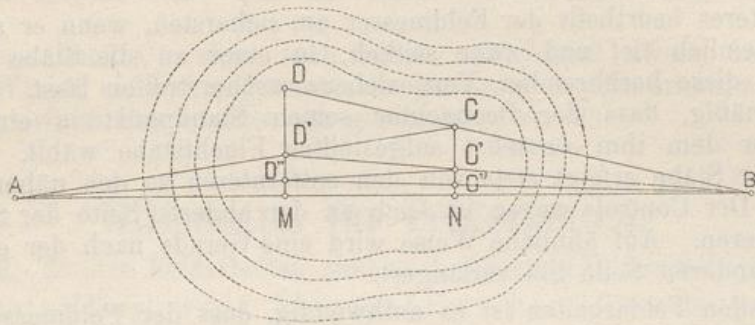


Fig. 45.

und es soll AB abgesteckt werden, so verfährt man folgendermaßen: Man stellt sich mit einem Stabe auf dem Hügel, etwa in D auf, so dass man die Stäbe in A und B sehen kann, und visiert den bei C mit einem Stabe wartenden Gehilfen in die Gerade DB ein. Nun winkt der Gehilfe in C dem Figuranten in D so lange, bis er in D' in der Geraden CA steht, worauf wieder D' dem C winkt, bis letzterer in C' in der Geraden $D'B$ steht u. s. w. Durch dieses gegenseitige Einvisieren gelangen die beiden Stäbe D und C schließlich nach M und N , in die Gerade AB .

§. 76. Ist zwischen den Punkten A und B (Fig. 46) ein Hindernis,

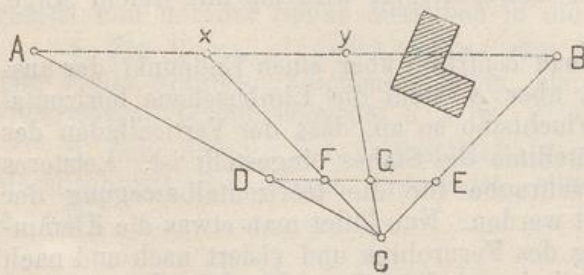


Fig. 46

welches die freie Visur zwischen diesen Punkten ganz ausschliesst (z. B. ein Gebäude), so wählt man C beliebig, jedoch so, dass man gegen A und B hin frei sehen und messen kann.

Macht man sodann z. B. $CD = \frac{1}{3} \cdot CA$, ferner $CE = \frac{1}{3} \cdot CB$ und steckt bei freier Wahl der Punkte F und G in der Geraden DE , die Strecken CF, CG, \dots beliebig aus, so erhält man die Zwischenpunkte x und y, \dots ,

vorausgesetzt, dass $Cx = 3 \cdot CF$ und $Cy = 3 \cdot CG$ eingemessen wird. In x und y eingesetzte Tracierstäbe bezeichnen sodann Zwischenpunkte der Geraden AB .

§. 77. Kann zwischen den Endpunkten A und B (Fig. 47) kein dritter Punkt gewählt werden, von welchem man nach A und B sehen und messen

kann, so steckt man eine beliebige Hilfslinie CD ab, fällt mit dem Winkelspiegel die Senkrechten AC und BD und misst diese, sowie den Abstand CD ihrer Fußpunkte. Man erhält sodann die Zwischenpunkte 1, 2 u. s. w. wenn man von C aus die Entfernungen $C1'$, $C2'$ u. s. w. abmisst, die Senkrechten $11'$, $22'$ u. s. w. mit dem Winkelspiegel errichtet, die Längen derselben berechnet und aufträgt. Bezeichnet man allgemein die Länge einer Senkrechten mit y , die Entfernung ihres Fußpunktes von C mit x und setzt $CD = a$, $AC = b$ und $BD = c$, so ergibt sich:

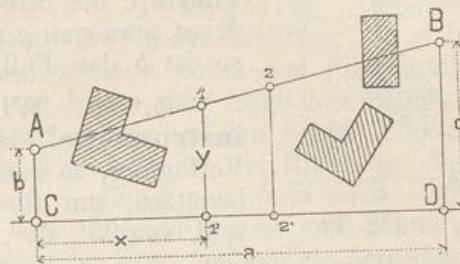


Fig. 47.

$$x : (y - b) = a : (c - b),$$

woraus

$$y = b + \frac{c - b}{a} \cdot x. \dots \dots \dots 15)$$

folgt. Setzt man in diese Gleichung das jeweilige x , so kann das entsprechende Loth y berechnet werden.

§. 78. **Das Abstecken paralleler Geraden.** Dieses erfolgt nach den gewöhnlichen geometrischen Lehrsätzen. Zu einer gegebenen Geraden

wird eine Parallele am einfachsten mittelst „gleicher Abstände“ abgesteckt. Soll zu AB (Fig. 48) durch den Punkt C die Parallele CD abgesteckt werden, so fällt man mit dem Winkelspiegel das Loth CA auf AB , misst CA und trägt diese Entfernung auf der im Punkte B errichteten Senkrechten Bx bis D auf; dann ist CD parallel zu AB . Ist die Parallele CD nicht lang, so kann auch die Richtung derselben nur durch das Abstecken eines rechten Winkels ACD in C hinreichend genau bestimmt werden.

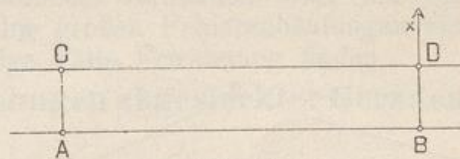


Fig. 48.

Parallele Geraden werden in der praktischen Geometrie mit Vortheil verwendet, wenn eine größere Anzahl langer Geraden gemessen werden soll, welche auf einer gegebenen Geraden AB senkrecht stehen und sich von letzterer aus, nach einer Richtung hin, entwickeln. In diesem Falle steckt man eine zu AB parallele Gerade CD nach der Seite dieser vielen zu messenden Geraden hin ab, wodurch alle Messungen um den Abstand zwischen CD und AB kleiner werden. Eine weitere Verwendung finden Parallele beim Messen einer Strecke, zwischen deren Endpunkten sich Hindernisse vorfinden.

§. 79. **Das Abstecken und Messen der Winkel auf dem Felde.** Das Abstecken und Messen der Winkel ist beim Gebrauche der betreffenden Winkelmessinstrumente hinreichend erklärt worden. Es wäre hier nur noch zu erwähnen, dass sich beim Fällen einer Senkrechten ein Hindernis vorfinden kann.

Soll von a aus (Fig. 49) $ab \perp AB$ gefällt werden, und befindet sich zwischen a und b ein Hindernis (Gebäude), so steckt man im beliebigen

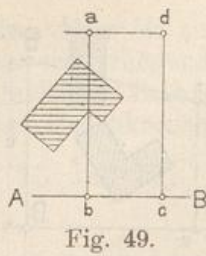


Fig. 49.

Punkte c die Strecke $cd \perp AB$ ab und macht $ad \perp cd$. Misst man nun ad und trägt das erhaltene Maß von c nach b , so ist b der Fußpunkt der gesuchten Senkrechten ab .

§. 80. **Winkelabsteckung ohne Winkelmessinstrumente.** Hat man kein Winkelmessinstrument zur Verfügung, so kann man Messketten, Messbänder oder Seile benutzen, um für untergeordnete Zwecke gewisse Winkel z. B. von 90° , 60° , 30° u. s. w. abzustecken.

Wäre in C (Fig. 50) ein rechter Winkel BCD abzustecken, so misst man von C die beliebigen Strecken $CN = CM$ ein, befestigt, bei Verwendung einer Messkette, das eine Ende derselben in M , das andere in N , fasst sie in der Mitte und zieht sie straff an. Die Kettenmitte ergibt sodann einen Punkt D der Senkrechten CD .

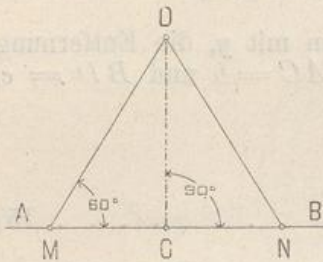


Fig. 50.

Ein Winkel von 45° lässt sich durch Halbierung des rechten Winkels und ein Winkel von 60° in Punkte M dadurch abstecken, dass man MN (Fig. 50) gleich der halben Messkettenlänge macht und wie vorhin verfährt, weil im letzteren

Falle das Dreieck MND gleichseitig ist.

§. 81. **Das Halbieren eines Winkels.** Ist der Winkel AoB

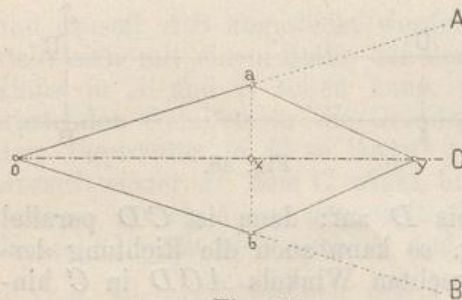


Fig. 51.

(Fig. 51) abgesteckt und soll derselbe halbiert werden, so misst man von o aus auf den beiden Schenkeln nach a und b hin gleiche Längen ab. Hierauf wird die Gerade ab gemessen und die Mitte x derselben markiert; oder man befestigt in a und b die Enden einer Messkette, zieht diese straff an und markiert die Mitte y derselben. Auf diese Art erhält man einen Punkt x , beziehungsweise y der Halbierungslinie oC .

§. 82 und 83. **Bestimmung des Durchschnittspunktes zweier Geraden.**

§. 82. **Einfache Absteckung.** Um den Durchschnittspunkt der

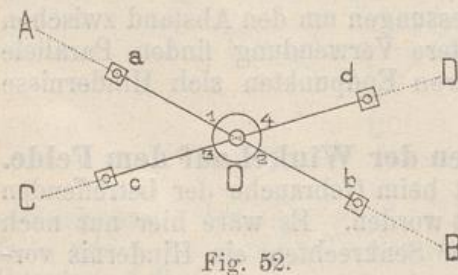


Fig. 52.

beiden abgesteckten Geraden AB und CD (Fig. 52) zu ermitteln, hält der Figurant einen Trazierstab seinem Augenmaße nach über dem fraglichen Schnittpunkte und lässt sich von zwei Personen, von denen die eine in der Richtung AB die andere in jener von CD visiert, einrichten. Beim Einvisieren in der Richtung von AB soll er in der Richtung von CD und beim Einvisieren in der

Richtung von CD soll er in der Richtung von AB fortschreiten, bis er beiderseits das Zeichen zum Einsetzen des Stabes erhält.

§. 83. Lösung bei Verwendung des Theodolits. Genauer wird diese Aufgabe mit dem Theodolit gelöst. Der in der Richtung von AB (Fig. 52) mit dem Theodolit visierende Geometer lässt durch den Figuranten die einvisierten Pflöcke a und b etwas vor und hinter dem fraglichen Schnittpunkte O in den Boden einschlagen und visiert sodann auf den beiden Pflöckköpfen Nägel ein. Nun überstellt er den Theodolit in die Richtung der Geraden CD und visiert die Pflöcke c und d wieder vor und nach dem gesuchten Schnittpunkte, ebenso die Nägel, ein. Hierauf spannt man Schnüre von a nach b sowie von c nach d und schlägt im Kreuzungspunkte derselben einen größeren Pflöck ein. Nach dem Eintreiben desselben spannt man nach den beiden Richtungen ab und cd Schnüre, senkelt nöthigenfalls den Kreuzungspunkt derselben auf das Kopfende des Pflöckes herab und bezeichnet den gefundenen Punkt daselbst durch einen eingeschlagenen Nagel.

§. 84. **Das Messen gerader Linien auf dem Felde.** Das wirkliche Messen einer Geraden ist bei dem Gebrauche der Vorrichtungen zum Längenmessen bereits erklärt worden.

Ist jedoch die zu messende Gerade theilweise oder ganz unzugänglich, so misst man solche Strecken und Winkel, welche zu der fraglichen Geraden in gewissen geometrischen Beziehungen stehen. Aus den gemessenen Größen wird dann die gesuchte Länge entweder durch Rechnung oder auf graphischem Wege ermittelt.

Derartige Längenbestimmungen liefern immer ungenauere Resultate als directe Messungen, weshalb man sie thunlichst vermeiden, oder nur jene Methoden anwenden soll, bei welchen keine großen Fehleranhäufungen eintreten können. Im Folgenden sollen einige Fälle Erwähnung finden.

§. 85 bis 88. **Mittelbare Längenmessungen abgesteckter Geraden.**

§. 85. Die Länge der Geraden AB (Fig. 53) ist zu bestimmen, wenn die Endpunkte A und B zugänglich sind und in der Richtung von AB visiert werden kann.

a) Man steckt mittelst eines Winkelspiegels oder Prismenkreuzes in A und B Senkrechte zu AB ab und macht $AC = BD$. Misst man nun die so erhaltene, zu AB parallele Gerade CD , so gibt deren Länge zugleich das Maß der fraglichen Geraden AB .

b) Mit Hilfe des rechtwinkligen Dreieckes CAB kann man auch die Länge AB ermitteln, wenn man AC und BC misst oder auch AC und den Winkel α .

Aus $\triangle CAB$ folgt dann:

$$\overline{AB} = \sqrt{\overline{BC}^2 - \overline{AC}^2} \quad \dots \quad 16)$$

oder

$$\overline{AB} = \overline{AC} \cdot \tan \alpha \quad \dots \quad 17)$$

§. 86. Es soll eine Gerade AB (Fig. 54), in deren Richtung sich ein Visierhindernis (Wald) vorfindet, gemessen werden.

a) Man steckt von A aus die Gerade Ax in beliebiger Richtung aus und fällt dann vom Punkte B mittelst eines Winkelspiegels oder Prismenkreuzes $BC \perp Ax$. Misst man AC und BC , so folgt:

$$\overline{AB} = \sqrt{\overline{AC}^2 + \overline{BC}^2} \quad \dots \quad 18)$$

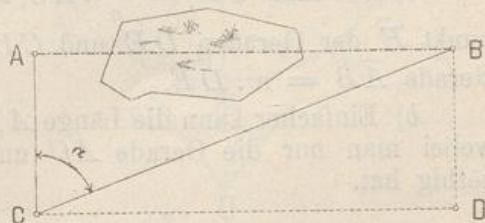


Fig. 53.

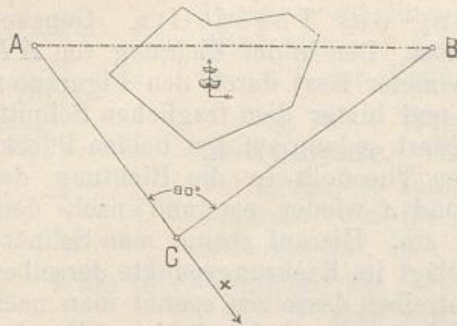


Fig. 54.

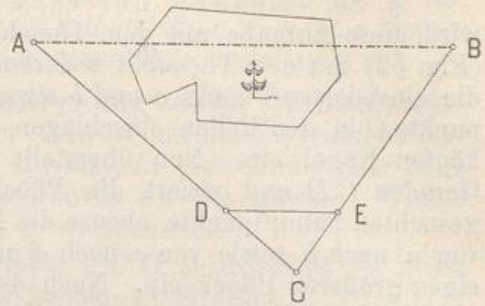


Fig. 55.

b) Man wählt den Punkt C (Fig. 55) so, dass man von dort aus nach A und B frei visieren und messen kann. Nun misst man die Längen AC und BC und trägt $\frac{1}{n}$ dieser Längen, von C aus nach D und E hin, auf. Wenn $\overline{DC} = \frac{1}{n} \cdot \overline{AC}$ und $\overline{EC} = \frac{1}{n} \cdot \overline{BC}$, so ist $\overline{AB} = n \cdot \overline{DE}$, d. h. man hat die Strecke DE zu messen und n -mal zu nehmen, um die Länge von AB zu erhalten.

§. 87. Die Gerade AB (Fig. 56) soll gemessen werden, wenn ein Endpunkt B ganz unzugänglich ist und in der Richtung von AB visiert werden kann.

a) Man steckt die Gerade $AC \perp AB$ ab und wählt C so, dass nach B visiert, ferner nach A visiert und gemessen werden kann.

Macht man $\overline{CD} = \frac{1}{n} \cdot \overline{AC}$, steckt $DE \perp AC$ ab, sucht den Schnittpunkt E der Geraden DE und CB und misst DE , so ist die gesuchte Gerade $\overline{AB} = n \cdot \overline{DE}$.

b) Einfacher kann die Länge AB nach Gleichung 17) bestimmt werden, wobei man nur die Gerade AC und den Winkel $ACB = \alpha$ zu messen nöthig hat.

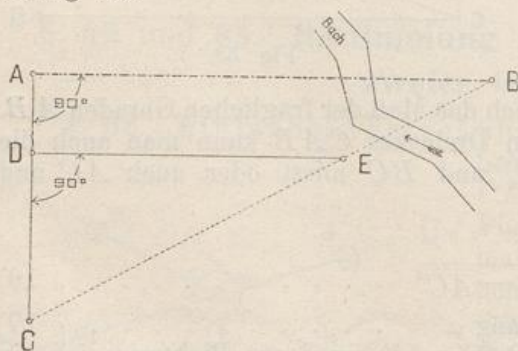


Fig. 56.

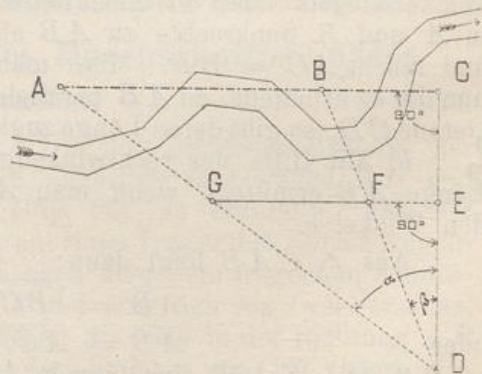


Fig. 57.

§. 88. Es ist die Länge einer Geraden AB (Fig. 57) zu bestimmen, wenn beide Endpunkte derselben unzugänglich sind, jedoch in der Richtung AB visiert werden kann.

a) Man verlängert AB bis zu einem zugänglichen Punkte C , steckt $CD \perp AC$ ab, nimmt CD beliebig lang an, steckt von hier aus die Geraden DB und DA so weit dies möglich ist ab, misst CD , macht $\overline{DE} = \frac{1}{n} \cdot \overline{CD}$, steckt ferner $EG \perp CD$ ab und bestimmt die Schnittpunkte F und G .

Misst man nun FG , so folgt:

$$\overline{AB} = n \cdot \overline{FG}.$$

b) Hat man ein Winkelmeßinstrument zur Verfügung, so misst man in D die Winkel $ADC = \alpha$ und $BDC = \beta$; dann folgt:

$$\overline{AC} = \overline{CD} \cdot \operatorname{tg} \alpha \text{ und}$$

$$\overline{BC} = \overline{CD} \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

daher $\overline{AB} = \overline{AC} - \overline{BC} = \overline{CD} \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta) \dots \dots \dots 19)$

In diesem Falle ist das Abstecken der Geraden EG zu unterlassen und nur CD abzustecken und zu messen nöthig.

§. 89. **Das Abstecken von Kreisbögen.** Bei Straßen-, Canal-Bauten u. s. w. bezeichnet man die Achsenrichtung am Terrain durch Pflöcke (§. 23). Die Achse dieser Bauobjecte ist eine aus Geraden und Kreisbögen zusammengesetzte Linie.

Zur Erklärung unterschiedlicher Methoden der Bogenabsteckung diene die nachfolgende Aufgabe:

Zwischen den abgesteckten Geraden OP und OQ (Fig. 58), deren eingeschlossener Winkel, Tangentialwinkel $POQ = \alpha$ gemessen wurde, soll der Bogen AME von gegebenem Halbmesser r , die beiden Geraden OP und OQ berührend, abgesteckt werden.

1. Lösung.

a) Bestimmung der Tangentialpunkte A und E , ferner der Bogenmitte M .

Nachdem der Winkel $POQ = \alpha$ mittelst eines Winkelmeßinstrumentes gemessen wurde, bestimmt man die Tangentiallängen AO und OE .

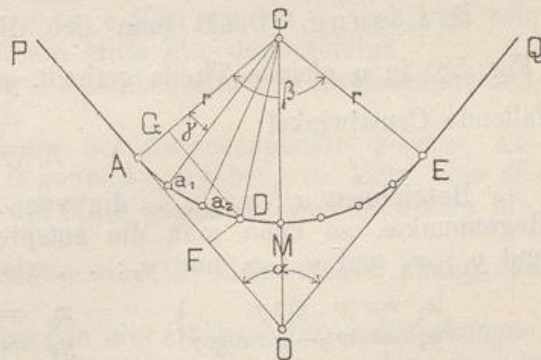


Fig. 58.

$$\overline{AO} = \overline{OE} = r \cdot \operatorname{cotg} \frac{\alpha}{2} \dots \dots \dots 20)$$

Rechnet man diesen Wert aus und misst die erhaltene Länge von O aus, nach den beiden Geraden, bis A und E ein, so erhält man den Bogenanfang A und das Bogenende E .

Um die Bogenmitte M zu finden, halbiert man den Winkel α , richtet die Visur nach der Halbierungslinie dieses Winkels, also nach OM und misst bei der Voraussetzung, dass

$$\overline{OM} = \overline{OC} - r = \sqrt{\overline{AO}^2 + r^2} - r \dots \dots \dots 21)$$

die Entfernung des Winkelpunktes O von der Bogenmitte M ein.

b) Weitere Bogenpunkte, Zwischenpunkte, erhält man durch Berechnung und Absteckung der sogenannten Coordinaten dieser Punkte.

Fällt man von dem beliebigen Bogenpunkte D eine Senkrechte DF auf AO , so heissen AF die Abscisse, DF die Ordinate und beide Strecken

zusammen die Coordinaten des Punktes D , bezogen auf die Abscissenachse AO und den Ursprung A der Abscissen.

Bezeichnet x die Länge der Abscisse AF und y die der zugehörigen Ordinate DF , so folgt:

$$y = AC - GC = r - \sqrt{r^2 - x^2} = r - \sqrt{(r+x) \cdot (r-x)} \dots 22$$

Setzt man hier für x verschiedene Werte ein, so lassen sich die zugehörigen y leicht berechnen.

Die Abscissen können, von den Tangierungspunkten A und E gegen den Winkelpunkt O hin, bestimmt, oder einfacher, durch vorherige Subtraction ihrer Werte von dem Werte der Tangentenlänge AO , berechnet, zugleich beim Einmessen des Bogenanfanges, beziehungsweise Bogenendes, von O aus direct abgesteckt werden.

In den Endpunkten F ... der einzelnen Abscissen errichtet man Senkrechte und trägt auf diesen die zugehörigen gerechneten, oder aus Tabellen entnommenen, Ordinaten auf. Sollten die Ordinaten gegen die Bogenmitte hin zu lang ausfallen, so steckt man im Punkte M eine Tangente senkrecht auf OC ab und verfährt bei M genau so wie vorhin.

Die Länge des so abgesteckten Bogens AME ist durch den Halbmesser r und den Centriwinkel $\beta = 180^\circ - \alpha$ bestimmt.

$$\text{Bogenlänge } AME = \frac{\pi \cdot r}{180} \cdot \beta \dots 23$$

2. Lösung. Denkt man sich die ganze Bogenlänge von A bis E (Fig. 58) in n gleiche Theile getheilt, so ist der auf $\frac{1}{n}$ der Bogenlänge entfallende Centriwinkel:

$$\gamma = \frac{\beta}{n}$$

Bezeichnen a_1, a_2, \dots die von A gegen M aufeinander folgenden Bogenpunkte, so kann man die entsprechenden Coordinaten derselben x_1 und y_1 ; x_2 und y_2 ; x_3 und y_3 ;... wie folgt berechnen:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 = r \cdot \sin \gamma \\ y_1 = r - r \cdot \cos \gamma \end{array} \right\}; \quad \left. \begin{array}{l} x_2 = r \cdot \sin 2\gamma \\ y_2 = r - r \cdot \cos 2\gamma \end{array} \right\} \text{ u. s. w. } \dots 24$$

Die Bogenabsteckung erfolgt sodann wie früher.

In der Praxis theilt man selten den Bogen in gleiche Theile, vielmehr nimmt man zumeist die dem Centriwinkel γ entsprechende Kreisbogenlänge l gleich einer runden Zahl an (z. B. 10 m), berechnet für diese Bogenlänge vorerst den Winkel γ :

$$\gamma = \frac{180}{\pi \cdot r} \cdot l;$$

sodann mit Zuhilfenahme der Gleichungen 24) die entsprechenden Coordinaten der einzelnen Bogenpunkte a_1, a_2, \dots u. s. w.

3. Lösung. Absteckung mittelst Abständen von der Sehne.

Man bezeichnet den, einer bestimmten Bogenlänge (z. B. 10 oder 20 m) zugehörigen, Centriwinkel mit γ (Fig. 59) und berechnet vorerst, von A ausgehend, die Coordinaten des diesem Centriwinkel zugehörigen ersten Bogenpunktes a_1 nach den Gleichungen 24) wie folgt:

$Ab_1 = x_1 = r \cdot \sin \gamma$
 $a_1b_1 = y_1 = r - r \cdot \cos \gamma$
 Verlängert man nun die Sehne Aa_1 über a_1 , macht $a_1b_2 = Aa_1 = a_1a_2 = s$ so folgt, da $\sphericalangle b_2a_1a_2 = \gamma$ ist:
 $\triangle a_1a_2b_2 \sim \triangle Aa_1C$
 und mithin

$$e = \frac{s^2}{r} \dots \dots \dots 25)$$

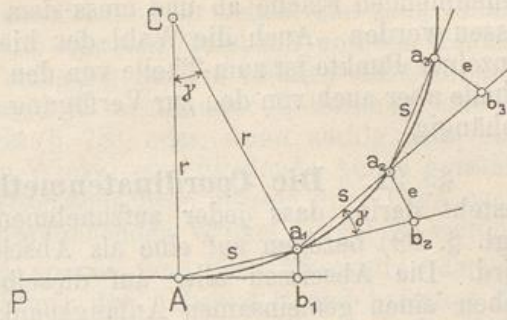


Fig. 59.

Diese Abstände e sind nun für alle nächstfolgenden Punkte gleich, wenn die Sehnenlänge s gleich bleibt und immer die vorhergehende Sehnenrichtung zur Absteckung weiterer Punkte des Bogens benützt wird. Die Länge der Sehne s für eine bestimmte Bogenlänge ergibt sich aus dem gleichschenkeligen Dreiecke Aa_1C :

$$s = 2r \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \dots \dots \dots 26)$$

Bei dieser Methode steckt man zuerst den Punkt a_1 mit Hilfe der, nach den Gleichungen 24) gerechneten, Coordinaten x_1 und y_1 ab. Sodann verlängert man die Sehne Aa_1 und bestimmt den Punkt a_2 mit Hilfe einer Messkette oder eines Messbandes durch Absteckung des Dreieckes $a_1b_2a_2$ in der beschriebenen Weise.

Die Absteckung weiterer Bogenpunkte erfolgt wie bei a_2 und wird vom Bogenanfang und Bogenende, gegen die Mitte hin, durchgeführt.

Die Bogenmitte kann, unabhängig von den benachbarten Zwischenpunkten, nach Gleichung 21) bestimmt werden.

Würden sich bei der Absteckung der Zwischenpunkte geringe Abweichungen im Anschlusse an die Bogenmitte ergeben, so kann eine allmähliche Ausgleichung derselben, von der Mitte gegen die beiden Enden hin, vorgenommen werden.

Die Bogenabsteckung von der Sehne wird für kleine Bögen häufig und mit Vortheil angewendet.

In der Praxis bedient man sich bei den hier erklärten Bogenabsteckungen, zur raschen Durchführung der Arbeit, aufgestellter Tabellen, welche man in Specialschriften über Bogenabsteckungen*), theilweise auch in technischen Kalendern findet.

C. Aufnahme und Berechnung der Flächen.

1. Aufnahmsmethoden.

§. 90. **Einleitende Bemerkungen.** Bei jeder Aufnahme handelt es sich darum, die gegenseitige Lage einzelner Punkte der aufzunehmenden Flächengrenzen festzulegen. Man bedient sich hiezu sogenannter Bestimmungsstücke, nämlich fixer Punkte, Geraden oder Figuren und bezieht jeden aufzunehmenden Punkt auf dieselben. Wie viel und wo solche Bestimmungsstücke ausgesteckt werden sollen, hängt von der Form und Größe der auf-

*) Kröhnke H.: Handbuch zum Abstecken von Curven. (Leipzig.)
 Hanhart H. und Waldner A.: Tracirungs-Handbuch. (Berlin.)

Die Koordinatenmethode ist in der Praxis sehr beliebt und kann immer angewendet werden, wenn eine Messkette oder ein Messband und ein Winkelspiegel oder ein Winkelprisma zur Verfügung stehen. Fallen die Ordinaten einzelner Punkte sehr lang aus, so wird in bestimmter Entfernung eine zu AB parallele Abscissenachse abgesteckt (§. 78), oder, wenn nöthig, auch eine mit AB einen rechten oder beliebigen Winkel einschließende Achse gewählt. Die einzelnen, aufeinander folgenden Abscissenachsen müssen ihrer Lage nach, durch Messung ihrer Längen und einschließenden Winkel, festgelegt werden.

Bei der Messung der Abscissen spannt man eine Messkette oder ein Stahlmessband von A aus in die Richtung der Achse AB und befestigt die Enden mittelst Kettenstäben oder Markiernägeln. Nun fällt man die Ordinaten, liest bei den so erhaltenen Fußpunkten die Maßzahlen der Abscissen ab und notiert sie in den Handriss. Hierauf misst man mit einem zweiten Messgeräthe (Leinenmessband) die Ordinaten und notiert deren Maßzahlen ebenfalls in den Handriss. Reicht die erste Messkettenlänge für die folgenden Abscissen nicht mehr aus, so spannt man die Kette nach und nach in die nächstfolgenden Lagen und vermehrt die Maßzahlen der erhaltenen Abscissen um die vorher ausgelegten Kettenlängen; dadurch erscheinen alle Abscissen vom Punkte A aus gemessen.

§. 92. **Die Dreiecksmethode.** Diese Methode beruht darauf, dass je drei beliebig gelegene aufzunehmende Punkte ein Dreieck bestimmen, welches durch Messung seiner Seiten festgelegt wird. Da die aufeinander

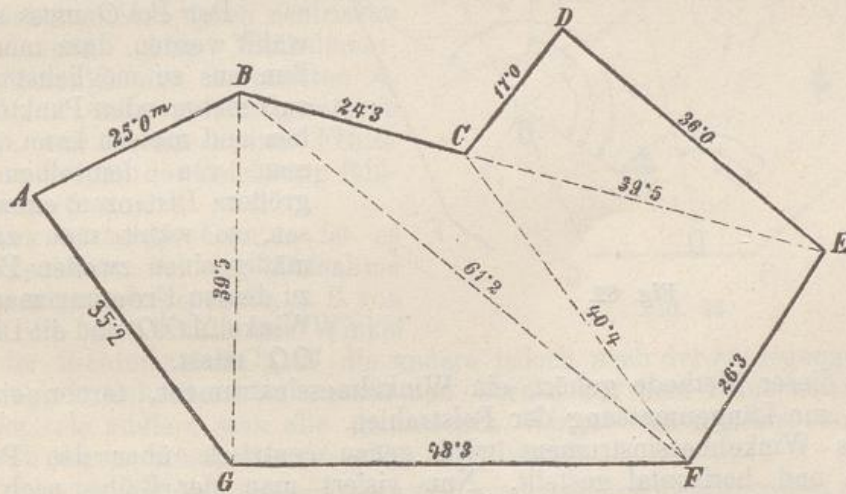


Fig. 61.

folgenden Dreiecke ABG , BGF , BFC u. s. w. (Fig. 61) mit je einer Seite zusammenhängen, so ist die gegenseitige Lage der Eckpunkte aller Dreiecke vollkommen bestimmt.

Die Dreiecksmethode wird häufig als Einleitung zu Aufnahmen nach anderen Methoden angewendet, indem die Eckpunkte und Seiten als Bestimmungsstücke, zur Festlegung der folgenden aufzunehmenden Punkte, benützt werden können.

Auch bei der Festlegung eines Punktes durch zwei bereits gegebene Punkte findet diese Methode oft eine unmittelbare Anwendung. Sind z. B. C und E

zwei gegebene Punkte, so kann ein dritter Punkt D dadurch festgelegt werden, dass man die Entfernungen CD und ED einmisst; die dritte Dreiecksseite CE ist bereits gegeben.

Die Maßzahlen der Dreiecksseiten trägt man entweder in den Handriss (Fig. 61) oder in übersichtlicher Weise in das Notizbuch ein.

Für diese Methode ist nebst Figurierungsstangen oder Pflöcken nur ein Instrument zum Längenmessen nöthig. Von der Dreiecksmethode wird Gebrauch gemacht, wenn die zu messenden Geraden nicht allzulang sind und den einzelnen Messungen keine Hindernisse entgegenstehen.

§. 93 und 94. Die Polarmethode.

§. 93. Das Wesen der Polarmethode besteht in der Zerlegung der aufzunehmenden Figur in Dreiecke, welche in einem beliebig gewählten Punkte, dem sogenannten Pole, einen gemeinsamen Eckpunkt haben.

Alle Dreiecke werden durch Messungen der Winkel am Pole und der von demselben ausgehenden Dreiecksseiten (Polstrahlen) bestimmt.

Wegen Anhäufung unvermeidlicher Fehler ist es wesentlich, alle Winkel von einer und derselben Geraden, z. B. von AO aus (Fig. 62), zu messen.

Der Pol O muss so gewählt werden, dass man von ihm aus zu möglichst vielen aufzunehmenden Punkten sehen und messen kann. Hätte man von demselben aus größere Distanzen einzumessen, so wählt man zweckmäßig einen zweiten Pol O' , zu dessen Fixierung man den Winkel AOO' und die Distanz OO' misst.

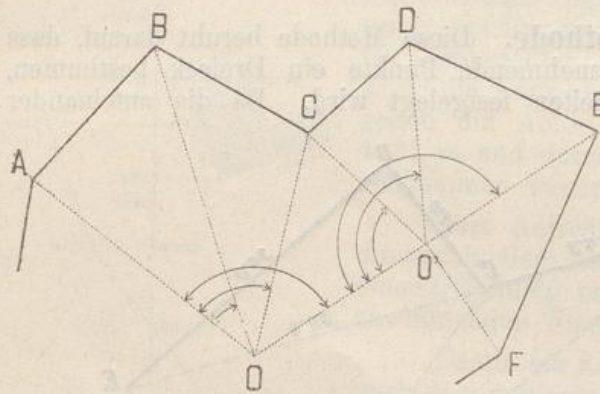


Fig. 62.

Zu dieser Methode gehört ein Winkelmessinstrument, ferner ein Instrument zur Längenmessung der Polstrahlen.

Das Winkelmessinstrument wird genau centrisch über den Pol O gebracht und horizontal gestellt. Nun visiert man der Reihe nach (von links gegen rechts) die aufzunehmenden Punkte A, B, C u. s. w. an und notiert die am Nonius gemachten Ablesungen in ein Winkelprotokoll. Hierauf misst man die Polstrahlen und trägt deren Maßzahlen in den Handriss ein.

Bei der Anfertigung der Zeichnung construirt man die Winkel am Pole entweder mit einem Winkeltransporteur oder mit Hilfe einer Sehnen-, auch einer Tangententabelle (Fig. 96 und 97) (§ 161). Dabei gebraucht man die Vorsicht, die Winkel stets von einem Polstrahle ausgehend aufzutragen, damit ein möglicher Constructionsfehler auf die weiteren Winkel ohne Einfluss bleibt.

Die Polarmethode ist bei den Messtischarbeiten unter dem Namen „Rayonieren und Messen“ bekannt (§. 67).

§. 94. Die Winkel am Pole können auch ohne Winkelmessinstrument und zwar durch Absteckung einer die Polstrahlen schneidenden Geraden, einer sogenannten Transversalen MN (Fig. 63), bestimmt werden.

In diesem Falle misst man die Strecken ab, bc, cd, \dots auf der Transversalen und die Strecken Aa, Bb, Cc, \dots auf den Polstrahlen. Die Festlegung des Poles O zur Transversalen MN erfolgt durch Messungen der Abschnitte Oa und Od .

Eine folgende Transversale muss in Bezug auf ihre vorhergehende nach der Umfangsmethode festgelegt werden.

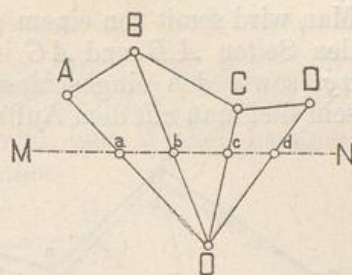


Fig. 63.

§. 95 bis 97. Die Umfangsmethode.

§. 95. Die Feldarbeit. Bei dieser Methode misst man von der aufzunehmenden Figur alle Seiten und Umfangswinkel. Sind die Punkte A, B, C, \dots (Fig. 64) nach der Umfangsmethode festzulegen, so misst man die Strecken AB, BC, CD, \dots und dann die Umfangswinkel $\alpha, \beta, \gamma, \dots$. Die Maßzahlen der Strecken können direct in den Handriss, die Ablesungen am Nonius, zur Bestimmung der Umfangswinkel, in ein im Notizbuche angelegtes Winkelprotokoll eingetragen werden. Die Winkel müssen durch centrische Aufstellungen eines Winkelmessinstrumentes in den Eckpunkten A, B, C, \dots sehr genau gemessen werden, weil ein nur kleiner Fehler beim Anfertigen der Zeichnung fühlbar wird (§. 96).

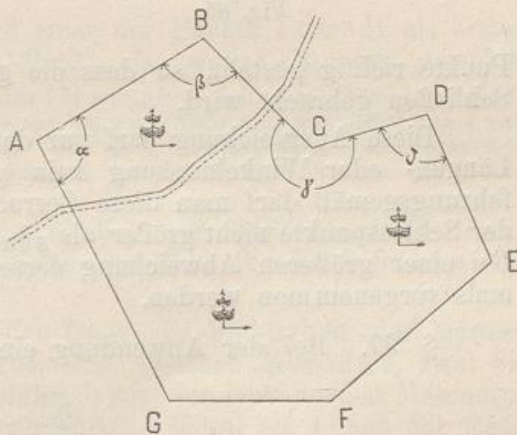


Fig. 64.

Aus letzterem Grunde ist es empfehlenswert, bei der Aufnahme von einem Ausgangspunkte, z. B. von A aus, die eine Hälfte der Winkel nach der Richtung $ABCDE$, die andere jedoch nach der entgegengesetzten Richtung, fortschreitend zu messen und ebenso auf dem Plane aufzutragen. Zur Controle addiere man alle gemessenen Winkel des n -Eckes und sehe nach, ob deren Summe $= (n-2) \cdot 180^\circ$ beträgt.

Wenn keine Hindernisse vorhanden sind, misst man noch die Diagonalen, z. B. AE , dann einzelne Winkel, z. B. BAE, GAE, DEA, FEA und bestimmt so zwei von einander unabhängige Polygone, so dass ein etwaiger Fehler in dem einen sich nicht auch auf das zweite übertragen kann.

Die Umfangsmethode wird in jenen Fällen angewendet, wo das Innere der aufzunehmenden Figur wenig oder gar keine Übersicht gewährt (Wald), wenn ferner für die Aufnahme ein Winkelmessinstrument und ein Instrument für die Längenmessungen zur Verfügung stehen.

Diese Methode kommt auch bei den Messtischarbeiten unter dem Namen „Umziehen“ zur Anwendung (§. 70).

§. 96. Planausführung. In derselben Weise, wie beim Messen der Seiten und Winkel auf dem Felde, geht man beim Anfertigen der Zeichnung vor.

Man wird somit von einem gewählten Ausgangspunkte a (Fig. 65) zunächst die den Seiten AB und AG im verjüngten Maße entsprechenden Längen ab und ag , sowie den eingeschlossenen Winkel α auf das Papier auftragen. Sodann schreitet man mit dem Auftragen nach den entgegengesetzten Richtungen bis zu dem Schlusspunkte fort. Erfolgt der Schluss der Figur bei e nicht genau, so wird dieser durch folgende graphische Methode hergestellt.

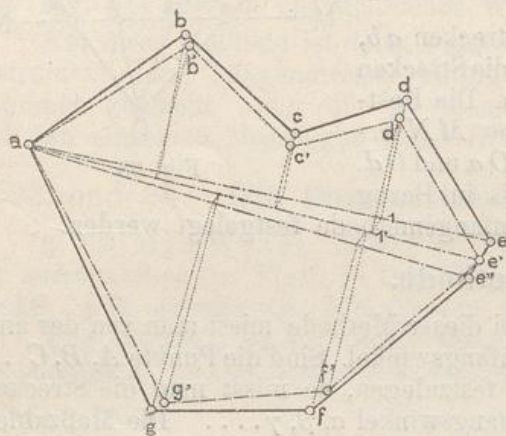


Fig. 65.

Hat man von a (Fig. 65) nach zwei verschiedenen Richtungen aufgetragen und die Punkte e und e'' erhalten, so zieht man ee'' , macht $ee' = e'e''$ und zieht die Geraden ae , ae' , ae'' . Um einzelne Punkte des Umfanges richtig zu stellen, z. B. d , zieht man $d1 \perp ae$, ferner $11' \parallel ee''$ und $d'1' \perp ae'$ macht schließlich $1'd' = 1d$; dann ist d' der corrigierte Punkt. In derselben Weise wird die Lage der übrigen

Punkte richtig gestellt, so dass die ganze Figur $ab'c'd'e'f'g'$ bei e' zum Schließen gebracht wird.

Diese Ausgleichung darf nur dann durchgeführt werden, wenn in der Längen- oder Winkelmessung kein grober Fehler vorgekommen ist. Erfahrungsgemäß darf man diese Correctur vornehmen, wenn die Entfernung der Schlusspunkte nicht größer als $\frac{1}{800}$ bis $\frac{1}{400}$ des ganzen Umfanges beträgt. Bei einer größeren Abweichung derselben muss die ganze Aufnahme nochmals vorgenommen werden.

§. 97. Bei der Anwendung eines Boussolen-Instrumentes zur

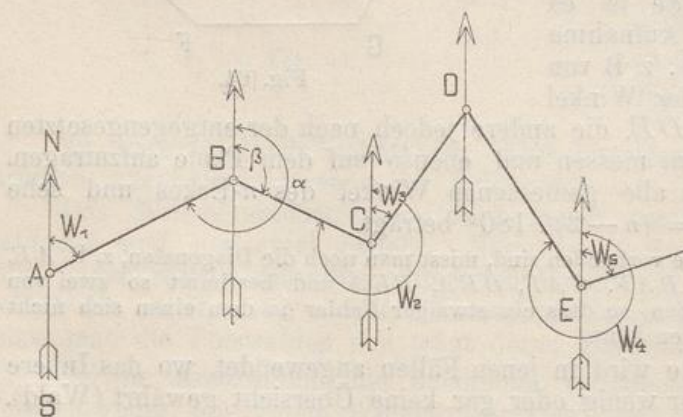


Fig. 66.

Messung der Umfangswinkel ist die Aufstellung nur in jedem zweiten Punkte nöthig. Stellt man sich in den Punkten $A, C, E \dots$ (Fig. 66) auf und liest die magnetischen Azimuthe W_1, W_2, W_3, W_4, W_5 am Nordpole der Magnetnadel auf der Gradtheilung des Boussoleninstrumentes ab, so können daraus die fehlenden Winkel $\alpha, \beta \dots$ leicht berechnet werden.

So ist z. B.

$$\sphericalangle \alpha = 180^\circ + W_1$$

$$\sphericalangle \beta = W_2 - 180^\circ \text{ u. s. w.}$$

Da bei dieser Arbeit immer ein Punkt übersprungen wird, so heißt diese Methode die „Aufnahme mit Springständen.“

§. 98 und 99. Die Standlinienmethode.

§. 98. Die Feldarbeit. Alle aufzunehmenden Punkte werden von den beiden Endpunkten einer genau gemessenen Standlinie (Basis), mit Zuhilfenahme eines Winkelmeßinstrumentes, anvisiert und jene Winkel bestimmt, welche diese Visuren mit der Standlinie einschließen.

Nachdem man vorerst die gewählte Standlinie I II (Fig. 67) genau gemessen hat, stellt man sich mit einem Winkelmeßinstrumente in I, dann in II auf und misst die Basiswinkel α und β für jeden aufzunehmenden Punkt. Von den Dreiecken I A II, I B II, ... sind mithin die gemeinsame Grundlinie I II und die anliegenden Winkel α und β gemessen; daher ist die gegenseitige Lage aller Punkte A, B, ... vollkommen sicher gestellt.

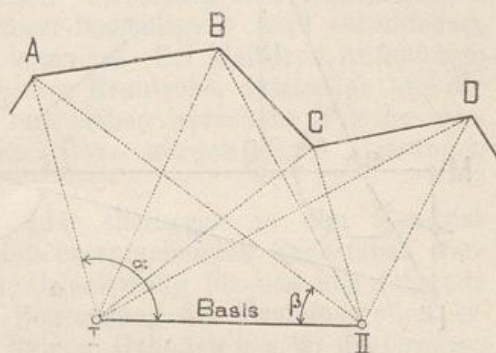


Fig. 67.

Für eine nächste Standlinie wird einer der Punkte I oder II als erster und ein bereits festgelegter, weiterer Punkt als zweiter Endpunkt gewählt.

Es können auch zwei, von der Standlinie I II aus, genau festgelegte Punkte als Endpunkte der nächsten Standlinie angenommen und kann die Aufnahme weiterer Punkte von diesen aus wie vorhin durchgeführt werden. Die so gewählten Standlinien brauchen nicht mehr gemessen zu werden, da ihre Längen und Richtungen bereits durch die Aufnahme bekannt sind.

Die Standlinienmethode wird gewöhnlich zur Festlegung von Fixpunkten angewendet, welche als Bestimmungsstücke für die Aufnahme von größeren Flächen dienen.

Da von der genauen Messung der Basis die Richtigkeit der ganzen Aufnahme abhängt, so wird diese Arbeit mit genauen Messlatten, zwei bis dreimal, bei größter Sorgfalt durchgeführt. Aus den gewonnenen Messungsergebnissen nimmt man dann das arithmetische Mittel als Länge der Basis an. Die Messungen der Winkel erfolgen bei genauen Aufnahmen mit dem Theodolit.

Diese Methode wird bei den Messtischarbeiten sehr häufig angewendet und das „Rayonieren und Schneiden“ genannt (§. 68).

§. 99. Bei Anfertigung der Zeichnung bedient man sich zum Auftragen der Winkel, wie bei der Polarmethode, eines Transporteurs, einer Sehnentafel oder einer Tangententafel (§. 161).

Jene Punkte, die durch den Schnitt zweier Visuren gefunden werden, welche einen kleineren Winkel als 30° einschließen, sind als minder verlässlich bestimmte anzusehen, können aber durch Berechnung ihrer Coordinaten auf nachfolgende Weise genauer bestimmt werden.

Es seien $AB = a$ (Fig. 68.) die Basis, dann $\sphericalangle \alpha$ und $\sphericalangle \beta$ die dem aufgenommenen Punkte P zugehörigen Winkel. Zieht man $PQ \perp AB$, setzt $AQ = x$, ferner $PQ = y$ und die Länge der Dreieckseite $AP = r$, so folgt aus $\triangle APQ$:

$$\begin{aligned} AQ &= AP \cdot \cos \alpha; & \text{d. h.} & \quad x = r \cdot \cos \alpha \\ PQ &= AP \cdot \sin \alpha; & \text{d. h.} & \quad y = r \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad \dots \dots \dots 27)$$

2. Arbeitsvorgang bei Situations-Aufnahmen.

§. 100. **Allgemeine Bemerkungen.** Vor allem muss der mit der Aufnahme betraute Geometer die aufzunehmenden Grenzen kennen. Er soll sich zu diesem Zwecke von den Eigenthümern die Grenzen ihrer Grundstücke zeigen lassen, wenn diese nicht schon durch Marksteine oder Einfriedungen deutlich genug erkennbar sind. Nach dieser Besichtigung wird entschieden, wie und wo ein Netz von Hauptlinien zu legen ist. Bei kleineren Aufnahmen wird man sich entweder Dreiecke, oder besser Rechtecke, ausstecken und die Eckpunkte derselben durch starke, mit Buchstaben versehene Pflöcke versichern. Die einzelnen Dreiecke oder Rechtecke werden durch Messungen ihrer Seiten bestimmt.

Dieses Netz wird entweder ganz oder theilweise in den Handriss (§. 72. Nro. 1) eingezeichnet und mit den entsprechenden Buchstaben versehen. Die Hauptlinien dienen dabei zur Orientierung für das nun folgende Einzeichnen der einzelnen Details. Die Begrenzung der Grundparcellen ergibt sich in der Regel aus Grenzsteinen, Rainen, Gehegen u. s. w. die Grenzen der Bauparcellen öfter auch aus ihren Einfriedungen. In jede Parcellen wird die Culturgattung und der Name des Eigenthümers eingeschrieben. Ein Gebäude schraffirt man diagonal oder parallel zu einer Seite, je nachdem es ein steinernes oder ein hölzernes ist und setzt das Conscriptions-Nro. dazu. Sind bei einzelnen Details viele Zahlenangaben nöthig, so zeichnet man diese in einem größeren Maßstabe, an einer freien Stelle des Handrisses oder in ein Notizenbuch, heraus.

Jeder aufzunehmende Punkt wird durch einen mit einer fortlaufenden Nummer versehenen Pflöck bezeichnet, auch ist die Nummer in den Handriss entsprechenderorts einzutragen. Diese Bezeichnung dient dazu, um dem Messgehilfen bei der Aufnahme jene Punkte und ihre Reihenfolge anzugeben, an welchen er sich mit einem Fluchtstabe oder einer Figurierfahne aufzustellen hat.

Bei der Anfertigung des Handrisses von größeren, nicht übersichtbaren Figuren ist die Anwendung des Schrittmaßes und einer kleinen Orientierungsboussole (§. 66) empfehlenswert. Das Skizzenbrett wird zu diesem Zwecke mit Hilfe einer, an der unteren Fläche desselben angebrachten, Hülse auf ein Zapfenstativ gesteckt. In einer Ecke des Skizzenbrettchens befindet sich ein Ausschnitt zum Einsetzen der Orientierungsboussole. Zum Visieren und Ziehen der Rayons verwendet man ein kleines Diopterlineal.

Das Aufnehmen solcher Handrisse geschieht nach der Umfangsmethode, wobei das Skizzenbrett in allen Aufstellungspunkten zu orientieren, d. h. so lange zu drehen ist, bis die Richtung der Magnetnadel mit der Nord- und Südmarke, eventuell bei Berücksichtigung der Declination, übereinstimmt. Die einzelnen Längen werden nach dem Schrittmaße bestimmt.

Der Maßstab der Skizze wird so gewählt, dass noch alle Details deutlich eingezeichnet werden können.

Nach erfolgter Auspflockung und Anfertigung des Handrisses werden die Detailpunkte nach der in jedem Falle passendsten Methode festgelegt. Die vorzüglichste Methode für kleinere Aufnahmen ist die Coordinatenmethode, bei welcher die Linien des Netzes als Abscissenachsen verwendet werden. Dabei können auch Hilfsachsen, durch Verbindung von je zwei passend gelegenen Punkten der Hauptachsen, in beliebiger Anzahl abgesteckt werden. Die Festlegung sonstiger Hilfsachsen erfolgt durch Einmessungen ihrer Endpunkte von den zunächst gelegenen Hauptpunkten.

§. 101 und 102. Aufnahmen einzelner Grundstücke.

§. 101. Bei krummliniger Begrenzung. Eine krumme Linie wird durch einzelne Punkte derselben aufgenommen. Bei der Wahl dieser Punkte muss große Sorgfalt verwendet werden und es gilt als Regel, dass die Sehne vom zugehörigen Bogen in der Zeichnung nicht um mehr als 0.1 mm abweichen soll. Dieses Maß entspricht auf dem Felde, wenn man z. B. im Catastralmaße ($1 : 2880$) zeichnet, etwa 0.288 , rund 0.3 m . Man wird in diesem Falle die aufzunehmenden Punkte so wählen, dass die erwähnte Abweichung 0.3 m nicht überschreitet. Für

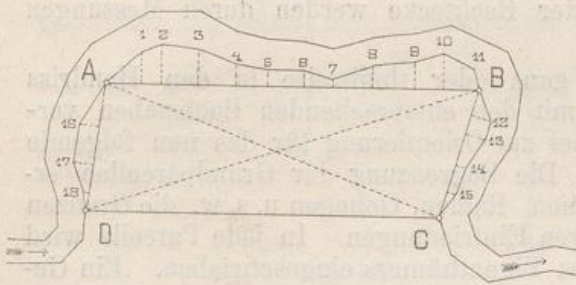


Fig. 69.

die Entfernung der aufzunehmenden Punkte ist aber auch der Wert des betreffenden Grundstückes maßgebend, so dass Parzellen von höherem Werte genauer, als solche von geringerem Werte, auszupflocken sind.

Es sei das Grundstück A, 1, 2, 3 18 (Fig. 69) aufzunehmen. Man wählt zunächst die Hauptpunkte A, B, C, D, misst vorerst die Seiten und Diagonalen des so gebildeten Viereckes ABCD und verwendet dieselben als Abscissenachsen bei der Festlegung der einzelnen Punkte der krummen Linie nach der Koordinatenmethode.

§. 102. Bei geradliniger Begrenzung. Kann das Innere des Grundstückes aus gewissen Ursachen nicht betreten werden, so legt man um die aufzunehmende Figur ein Netz von Hauptlinien und verwendet diese als Abscissenachsen.

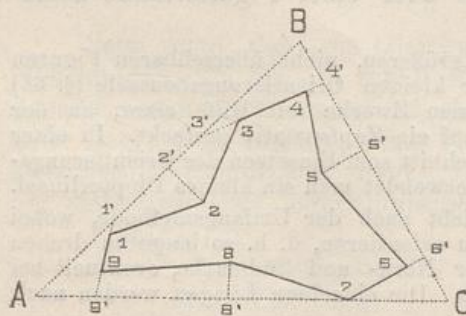


Fig. 70.

Das in Fig. 70 dargestellte Polygon 1, 2, 3 9 stellt z. B. die Grenze einer Waldfläche vor. Die Grenzlinie ist hier so vielfach gebrochen, dass die Aufnahme nach der Umfangsmethode zu zeitraubend wäre. In diesem Falle umzieht man die aufzunehmende Figur mit einem Dreiecke ABC, welches sich möglichst an die Begrenzung anschmiegt, misst die drei Seiten desselben und benützt diese als Hauptlinien zur Aufnahme der Detailpunkte. Letztere können entweder nach der

Coordinatesmethode, oder auch durch Verlängerung der einzelnen Umfangsseiten bis zum Schnitte mit den Hauptlinien, festgelegt werden, z. B. 1—9, 3—4 und 7—6. Bei der Festlegung von 1—9 misst man die Schnittpunkte 1' und 9' von A aus ein, dann die Längen 1—1' und 9—9' u. s. w.

Die Punkte 2, 5 und 8 sind hier nach der Koordinatenmethode festgelegt worden.

Die Aufnahme dieser Fläche hätte man auch mittelst eines umschließenden Rechteckes oder Trapezes durchführen können.

§. 103. **Aufnahme von Wasserläufen.** Wenn die Breite der Bäche oder Flüsse überall eine nahezu gleiche ist, so nimmt man nur das eine Ufer auf und misst an einigen Stellen die Breiten. Sind diese jedoch sehr ungleich, oder so groß, dass sie nicht leicht gemessen werden können, so ist es zumeist am zweckmäßigsten, beide Ufer nach der Standlinienmethode festzulegen.

Als Begrenzung des Flusses oder Baches gelten jene Stellen, an welchen die Uferböschung anfängt. Ist eine solche nicht merklich vorhanden, so wird die Grenze dort angenommen, bis wohin der angeschwemmte oder mit Gerölle bedeckte, unbebaute Boden reicht.

Bei Aufnahmen, auf Grund welcher Uferschutz- oder andere Wasserbauten vorgenommen werden sollen, sind auch die Inundations-Grenzen, d. h. die Grenzen jener Flächen aufzunehmen, welche das Hochwasser bei Überschwemmungen eingenommen hat.

§. 104. Bei der **Aufnahme von Straßen** steckt man zunächst längs derselben Achsen aus, welche nach der Umfangsmethode festgelegt werden. Auf diese Achsen bezieht man dann die wichtigsten Punkte der Straße nach der Koordinatenmethode. Ist die Breite der Straße durchgehends nahezu gleich, so genügt die Aufnahme einer Seite und die Messung einiger Breiten. Bei wechselnder Straßenbreite muss jede Seite festgelegt werden. In Städten ergeben sich die Begrenzungen der Straßen bereits durch die Aufnahme der allenfalls beiderseits liegenden Häuser, Zäune u. s. w. Soll für eine Regulierung, oder für einen anderen technischen Zweck, die Situation einer Straße detailliert aufgenommen werden, so misst man nicht nur die Kronenbreite der Straße, sondern auch die Breite der Damm- und Einschnittsböschungen, sowie überhaupt alles, was auf den Bau der Straße Bezug hat.

Auch die neben den Straßen sich hinziehenden Wassergräben, oder Fußwege, sind aufzunehmen, weil sie zumeist bei ökonomischen Plänen zur Breite der Straßenparcelle mitgerechnet werden.

§. 105. **Aufnahme kleiner Situationen.** Bei jeder Aufnahme ist stets der Grundsatz festzuhalten, aus dem Großen in das Kleine zu arbeiten. Im Übrigen gelten hier die im §. 100 gemachten Bemerkungen.

Fig. 71 zeigt den Handriss der Aufnahme eines kleineren Grundcomplexes mittelst Messkette, Messband und Winkelspiegel oder Prismenkreuz.

Der Vorgang bei dieser Aufnahme ist folgender:

Nachdem man die aufzunehmenden Parcellen begangen, hat der Aufnahmsleiter zu entscheiden, wo die Hauptlinien am günstigsten auszustecken sind.

In diesem Falle ist eine Hauptachse AB , eine zu ihr parallele Achse DE und eine dritte, mit AB sich schneidende, BC abgesteckt worden. Die gegenseitige Lage von AB und DE wird durch Messung des senkrechten Abstandes $AD = 21.40 m$ bestimmt. Die Richtung der Achse BC kann entweder durch die Messung des Winkels ABC oder — wenn kein Winkelmessinstrument zur Verfügung steht — durch die Festlegung des Punktes C mittelst seiner Coordinaten (Abscisse = $81.05 m$, Ordinate = $23.30 m$) in Bezug auf die Verlängerung der Achse AB , als Abscissenachse, bestimmt werden. Das Letztere ist hier angewendet worden.

Die so festgelegten Hauptlinien sind als Abscissenachsen bei der Festlegung der einzelnen Punkte nach der Koordinatenmethode verwendet worden.

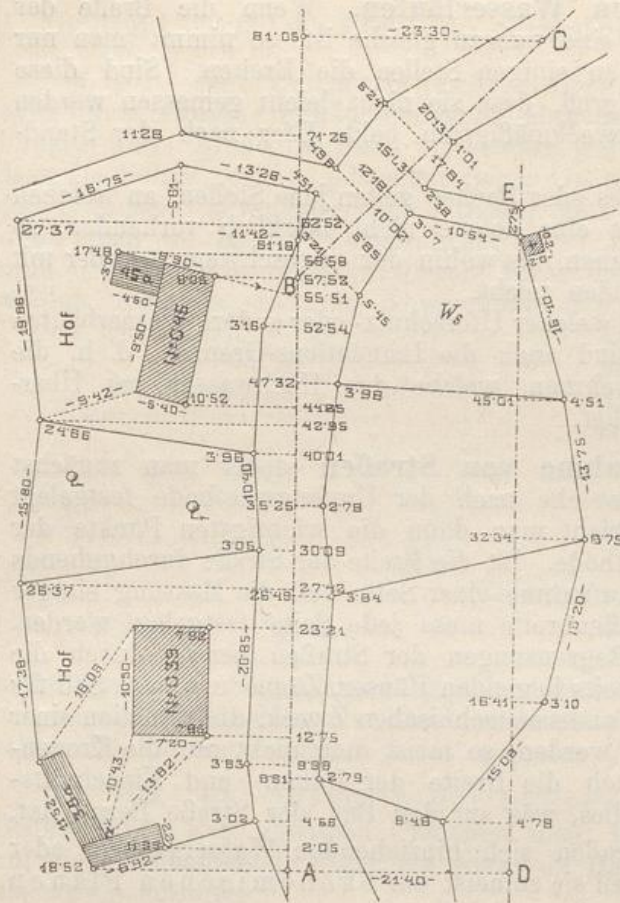


Fig. 71.

einzelnen Parcellen und trägt sie in der Messungsrichtung in den Handriss ein; z. B. ebendasselbst 6.92 m , ferner 19.86 m , 15.80 m u. s. w. Einzelne Ordinaten verwendet man mitunter als Nebenachsen zur Aufnahme von nahe gelegenen Punkten, so z. B. die nächste vom Gebäude Nro. C: 45 gelegene Ordinate (von der Länge = 27.37 m), welche als Abscissenachse zur Aufnahme des Punktes mit den Coordinaten 11.42 m und 5.61 m benützt wurde. Um hier einem möglichen Irrthume vorzubeugen, schreibt man diese Maßzahlen, sowie jene der Controlmaße, zwischen kurzen Strichen, welche die Messungsrichtung angeben.

Die Gebäude Nro. C: 39 und Nro. C: 45 sowie die Kapelle sind aus Stein, folglich diagonal, die Nebengebäude Nro. C: 39 a und Nro. C: 45 a aus Holz, daher parallel zur Längenrichtung schraffiert.

§. 106. Prüfung der Aufnahme. Wahl der Methode. Nach beendeter Aufnahme geht man an das Anfertigen der Zeichnung auf Grundlage des Handrisses. Dabei construirt man zunächst die Hauptlinien mit möglichster Genauigkeit und zeichnet sodann die Nebenlinien und Einzelheiten ein, wobei stets durch die genommenen Controlmaße die Genauigkeit der Arbeit geprüft wird. Einzelne sich ergebende Unrichtig-

Das Eintragen der gemessenen Coordinaten in den Handriss (Fig. 71) erfolgt nach dem im §. 91 erklärten Systeme.

Will man den Handriss genau zeichnen, so fertigt man den Verjüngungsmaßstab (etwa $1:500$) an, trägt sodann die Coordinaten gleich nach jeder Messung auf und verbindet die einzelnen Punkte in entsprechender Weise durch gerade Linien. Aus den Aufschreibungen des Handrisses ist der weitere Vorgang der Aufnahme ohne besondere Erklärung zu entnehmen. Einzelne Punkte können dadurch festgelegt werden, dass man die Entfernungen derselben von zwei bereits festgelegten Punkten einmisst und die erhaltenen Maßzahlen in der Richtung der Verbindungslinien in den Handriss einträgt, so z. B. bei Nr. C: 39 a Punkt x durch die Maße 10.43 m und 13.82 m . Öfters macht man auch Controlmaße längs der Begrenzung der

keiten müssen nöthigenfalls durch Probemessungen auf dem Felde berichtigt werden. Selbstverständlich wird man diese Probemessungen nur auf jene Einzelheiten ausdehnen, bei welchen sich Fehler zeigen. An den Hauptlinien nimmt man entschieden Probemessungen vor, wenn sich bei der Construction des Netzes Fehler ergeben.

Der Aufnahmsleiter soll überhaupt seine Arbeit schon während der Aufnahme von Zeit zu Zeit prüfen, damit er noch etwaige Fehler berichtigen kann, bevor er seine Arbeit, mit einzelnen fehlerhaften Resultaten, fortsetzt. Solche Prüfungen zeigen ihm seine eigene Leistungsfähigkeit und jene der zur Aufnahme verwendeten Instrumente. Die Prüfung erfolgt durch Probemessungen, indem man die Entfernung beliebiger Punkte des Planes abmisst und nachsieht, ob die entsprechenden Entfernungen in der Natur dieselben Maßzahlen durch die directe Messung ergeben.

Die im letzten Beispiele angewendete Coordinatenmethode, welche häufig mit der Dreiecksmethode in Verbindung gebracht wird, ist bei ebenem Terrain sehr praktisch. Ist das Terrain jedoch sehr uneben, oder darf man durch die Culturen nicht hindurchmessen, so wendet man vortheilhafter die Standlinienmethode an, wobei man sich eines Theodolits oder des Messtisches bedient. Das nachfolgende Beispiel zeigt den Vorgang bei einer solchen Aufnahme.

§. 107. Bei der **Aufnahme eines Grundcomplexes nach der Standlinienmethode**, Fig. 72, wird man zunächst die Hauptpunkte *A* und *B* für die Basis so wählen, dass letztere möglichst horizontal liegt und begehbar ist. Diese Basis wird sodann zwei bis dreimal mit Messstangen genau gemessen und das arithmetische Mittel der Messresultate gebildet, falls diese nicht um mehr als $\frac{1}{2000}$ bis $\frac{1}{1000}$ der gemessenen Länge verschieden sind. Nun fertigt man den Handriss an, wobei man die äußerste Grenze der aufzunehmenden Flächen abgeht und deren Umriss einzeichnet. Hierauf skizziert man die Details, lässt gleichzeitig auspflocken und trägt die Nummern der Pflöcke in den Handriss ein.

Bei der Auspflockung ist die Reihenfolge der Punkte so anzunehmen, dass der Figurant bei Aufsuchung seiner einzelnen Standpunkte nicht zu viel Zeit verliert. Auch sollen nicht mehr Punkte ausgepflockt werden, als an einem Tage aufgenommen werden können.

Die Festlegung der einzelnen Punkte geschieht, wo es thunlich ist, nach der Standlinienmethode, mithin, bei der Anwendung des Messtisches, durch Rayonieren von *A* und Schneiden von *B* aus (§. 68) oder, bei der Benützung des Theodolits, durch Messung der Basiswinkel in *A* und *B*.

Bei der Messtischaufnahme wird die gemessene Basis im verjüngten Maße so auf dem Tischblatte gewählt, dass voraussichtlich noch alle aufzunehmenden Punkte auf demselben Platz finden. Die der Basis *AB* entsprechende Gerade auf dem Tischblatte sei *ab*. Man stellt den Messtisch mit *a* über *A*, lässt in *B* eine Fahne einsetzen, orientiert das Tischblatt mit *ab* nach *B* und rayoniert nun die ausgepflockten Punkte nach der Reihenfolge ihrer Nummern. Zu diesem Zwecke nimmt der Figurant, mit Zuhilfenahme einer Fahnenstange, in jedem dieser Punkte eine Aufstellung, der Aufnahmsleiter visiert die aufgestellte Fahnenstange an, zieht den Rayon und gibt dem Figuranten das Zeichen zum Weitergehen (Abdankungszeichen). Diese

Arbeit des Figuranten nennt man das „Figurieren“. Jene Punkte, die der Aufnahmeleiter von *A* aus nicht sehen und daher auch nicht rayonieren kann, werden im Notizbuche besonders vorgemerkt. Zur Controle, ob kein Punkt vom Figuranten ausgelassen wurde, gibt dieser bei allen Fünfer- und Zehnerpunkten mit seiner Fahne ein verabredetes Zeichen (Fünferzeichen), welches vom Aufnahmeleiter erwiedert wird, wenn die betreffende Nummer stimmt. Ist dieses aber nicht der Fall, so gibt der Aufnahmeleiter ein anderes Zeichen, welches den Figuranten auf den vorhergehenden Fünferpunkt zurückweist, von wo aus das Figurieren und Rayonieren wiederholt wird.

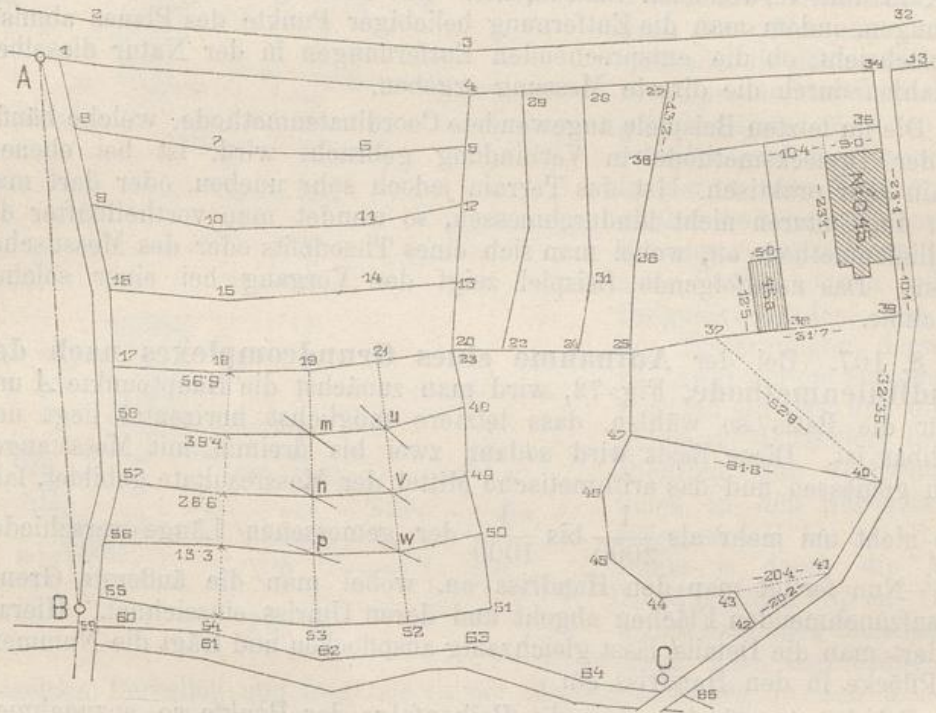


Fig. 72.

Bezüglich des Figurierens ist zu bemerken, dass in wenig übersichtlichem Terrain der Geometer und sein Figurant verabredete Hornsignale austauschen. Wenn solche Signale des Windes wegen u. dgl. nicht gehört werden können, so bedient man sich eines sogenannten Zwischenfiguranten, welcher sich zwischen dem Geometer und dem Figuranten einen solchen Platz mit seiner Fahne wählt, dass er von dort aus die Beiden sieht und von ihnen auch gesehen wird. Der Zwischenfigurant macht dann die vom Geometer und seinem Figuranten verabredeten Zeichen wechselweise nach, d. h. er stellt seine Fahne auf, wenn der Figurant sich in dem aufzunehmenden Punkte aufgestellt hat, und legt sie um, wenn der Geometer seine Fahne als Abdankungszeichen umlegt.

Sind von *A* aus alle sichtbaren Punkte anrayoniert, so stellt man den Messtisch in *B* so auf, dass *b* über *B* und die Orientierungslinie *ba* nach *A* gerichtet ist, schneidet alle von *A* erhaltenen Rayons und rayoniert die von *A* nicht sichtbar gewesenene Punkte an.

In Betreff des Figurierens gilt das früher Erwähnte auch jetzt wieder. Unsichtbare oder zu schief geschnittene Punkte werden im Notizbuche mit z. B. „16 nicht geschnitten“ bezeichnet.

Alle noch nicht rayonierten oder geschnittenen Punkte werden von einem dritten Standpunkte C bestimmt. Der Punkt c kann auf dem Messtischblatte durch einen von B nach C gerichteten Rayon und durch Seitwärtsabschneiden (§. 69), vom Standpunkte C aus, mittelst A und a bestimmt werden. Bleiben vom Standpunkte C aus noch viele Punkte im Rückstande, so können diese von einem vierten Punkte bestimmt werden. Bei nur wenigen, fehlenden Punkten ist es jedoch vortheilhafter, diese durch Ketten- oder Stahlbandmessungen auf bereits festgelegte Punkte zu beziehen.

Die directen Messungen trägt man gewöhnlich erst nach beendeter Messtischoperation zu Hause auf.

Alle aufgenommenen Punkte werden nach dem Handrisse entsprechend verbunden.

Bei der in Fig. 72 dargestellten Aufnahme mit dem Messtische geben die Punkte 2, 8, 9, 16, 17, 56, 57, 58, 59 unsichere Schnitte, weshalb man sie im Notizbuche als „nicht geschnitten“ bemerkt. Die Punkte 35, 38, 39, 40, 41 sind beispielsweise wegen der Baulichkeiten, der Culturen und der Terrainverhältnisse weder von A und B noch von C sichtbar und müssen daher durch besondere Messungen festgelegt werden.

Punkt 40 kann durch die Messungen nach 37 und 47; Punkt 39 durch die Messungen nach 37 und 40; Punkt 41 durch die Messungen nach 42 und 43 und die Punkte 35 und 38 durch Messungen auf den Geraden 34—39 und 39—37 festgelegt werden. Die entsprechenden Maßzahlen, sowie die der Dimensionen des Hauses u. s. w. trägt man in den Handriss ein.

Die in A nach den Felderköpfen 8, 9, 16, 17 gezogenen Rayons, welche in B nicht geschnitten wurden, schneidet man von C aus, ebenso die von B aus erst rayonierten Punkte. Da der Complex 17, 23, 51, 55 ziemlich gleichlaufende Feldergrenzen zeigt, so wendet man zur Festlegung derselben Traversen an, deren Endpunkte 18 und 54; 19 und 53; 21 und 52 bereits durch das Rayonieren und Schneiden bestimmt wurden. Die Schnitte der Traversen und der Feldergrenzen bestimmt man entweder, nach vorausgegangener Absteckung der Richtungen, durch Kettenmessungen, wie bei der Traverse 54—18, oder, wenn ein Messen durch die Culturen nicht gestattet ist, indem man die auf dem Messtische gezogenen Traversen von C aus schneidet. Zu diesem Zwecke steckt man in die Endpunkte z. B. der Traverse 53—19 Fahnen und lässt den Figuranten der Reihe nach in den Punkten m, n, p , welche man in der Geraden 19—53 am Felde abgesteckt hat, Aufstellung nehmen. In einem jeden dieser Standpunkte wird seine Fahnenstange von C aus anvisiert und der Rayon gezogen, wodurch man die Schnittpunkte m, n, p auf dem Tischblatte erhält. In gleicher Weise sind die Punkte u, v, w bestimmt worden.

Bei der Aufnahme mit dem Theodolit trägt man die Winkelablesungen, welche sich bei den Visuren von den Standpunkten A, B und C nach den einzelnen Punkten ergeben, in ein Winkelprotokoll ein (§. 53), wobei zu bemerken ist, dass es hier genügt nur an einem Nonius abzulesen.

§. 108. **Controle während der Aufnahme.** Es ist unerlässlich, dass man während der Aufnahme von Zeit zu Zeit nachsieht, ob der Messtisch, beziehungsweise der Theodolit, noch richtig orientiert ist.

Bei der Messtischaufnahme legt man z. B. während der Aufstellung in A das Diopterlineal an ab und sieht nach, ob die Visur noch genau nach B zeigt. Ist dies nicht der Fall, so orientiert man den Messtisch

genau und nimmt die nach der letzterfolgten Orientierung anvisierten Punkte nochmals auf. Zeigt die Orientierung nur einen kleinen Fehler, so berichtigt man denselben und setzt die Arbeit ruhig fort.

Bei der Arbeit mit dem Theodolit richtet man z. B. vom Standpunkte *A* aus das Fernrohr nach *B*, und sieht nach, ob man am Nonius dieselbe Ablesung wie anfänglich erhält. Bei einem erheblichen Unterschiede müssen die, seit der letzten Orientierung gemachten, Visuren wiederholt werden.

§. 109. **Die Prüfung einer Messtischaufnahme** beruht darauf, dass jede Gerade auf dem Messtische proportional der entsprechenden Geraden in der Natur und jeder Winkel auf dem Messtische gleich dem entsprechenden Winkel in der Natur sein muss. Die Prüfung geschieht durch Probemessungen und durch sogenannte Probeschnitte. Erstere haben dieselbe Bedeutung und werden in derselben Weise durchgeführt, wie im §. 106 erklärt worden ist. Die Probeschnitte sind Rayons, welche man bei der Prüfung, von einem sorgfältig aufgenommenen Standpunkte aus, in der Richtung der zu prüfenden Punkte auf dem Messtische zieht. Jeder Probeschnitt muss durch den bei der Aufnahme erhaltenen Schnittpunkt gehen. Die Instruction für die k. k. Catastralaufnahmen gestattet als größten Unterschied der Längen-Maßzahlen, welche sich aus der Zeichnung und aus den entsprechenden Messungen auf dem Felde ergeben, $\frac{1}{100}$ der betreffenden Länge.

§. 110. **Die Triangulierung.** Bei der Aufnahme größerer Situationen wird über die aufzunehmende Fläche eine Anzahl von Hauptpunkten so vertheilt, dass sie weithin sichtbar sind und ein System von zusammenhängenden Dreiecken (Dreiecksnetz) bilden.

Die so gewählten Hauptpunkte versichert man durch Einsetzen von Signalstangen. Da das Messen der Dreiecksseiten zeitraubend und zum Theile unmöglich wäre, so begnügt man sich mit der möglichst genauen Messung einer einzigen günstig gelegenen Seite, welche man als Standlinie oder Basis wählt. Hierauf misst man sämtliche Dreieckswinkel, so dass die übrigen Seitenlängen durch Rechnung bestimmt werden können.

Ist die Mittagslinie (§. 111) in irgend einem Dreieckspunkte bestimmt und das Azimuth einer, von diesem Punkte ausgehenden, Seite gemessen, so lassen sich die Coordinaten aller Hauptpunkte berechnen, wobei der genannte Punkt als Coordinatenursprung und dessen Hauptmeridian als Ordinatenachse gewählt wird. (Siehe auch §. 99.)

Eine solche Festlegung von Hauptpunkten eines Dreiecksnetzes nennt man das Triangulieren, auf welches aber hier nicht weiter eingegangen wird, da die Erklärung des Arbeitsvorganges bei der Aufnahme großer Flächen, deren Durchführung eine vorausgehende Triangulierung erfordert, den Rahmen dieses Lehrbuches überschreitet.

§. 111. **Bestimmung der Mittagslinie.** Jede Aufnahme muss nach den Weltgegenden orientiert sein. Zu diesem Zwecke ist die Bestimmung der Mittagslinie (Nord-Südrichtung) d. h. der Richtung des geographischen Meridianes in einem beliebigen Punkte der aufgenommenen Fläche nöthig. Die Bestimmung dieser Richtung erfolgt nach verschiedenen Methoden, von welchen hier nur die einfachsten folgen.

a) Mit Hilfe einer Boussole. Man stellt den Messtisch über einen Standpunkt der Aufnahme, orientiert ihn genau nach einem zweiten Punkte, legt eine Orientierungsboussole auf die Tischfläche und dreht diese so lange im Kreise herum, bis die Nordspitze der Magnetnadel um so viele Grade westlich vom Nullpunkte der Theilung absteht, als die magnetische Declination des Ortes*) beträgt. Da nun zwei Kanten der Unterlagsplatte der Orientierungsboussole parallel zum Durchmesser $0^{\circ} - 180^{\circ}$ (*N. S.* Marke)

*) Die Declination ist für Europa im laufenden Jahrhunderte eine westliche (§. 61).

der Gradtheilung sind, so gibt der, längs einer dieser Kanten, gezogene Rayon die Richtung der Mittagslinie auf der Tischfläche an.

b) Mit Hilfe einer richtig gestellten Uhr lässt sich die Mittagslinie auf dem Messtische fixieren, wenn man über diesen ein Senkel so befestigt, dass der lothrechte Faden desselben um 12 Uhr mittags einen Schlagschatten auf die Tischfläche werfen kann. Die Richtung dieses Schlagschattens wird durch einen, mit dem Diopterlineale darüber gezogenen, Rayon fixiert.

Selbstverständlich muss der Messtisch zuvor über einen Punkt der Aufnahme gestellt und orientiert werden.

Anmerkung: Die Situationspläne größerer Aufnahmen werden so aufgetragen, dass zwei Ränder der rechteckigen Zeichenfläche parallel zur Nord-Südrichtung, die zwei anderen demgemäß parallel zur West-Ostrichtung laufen. Die Beschreibung der Pläne geschieht von West gegen Ost. In kleineren Situationsplänen wird die Nord-Südrichtung durch einen, auf dem Plane mit *N* und *S* bezeichneten, Pfeil angegeben.

3. Flächenberechnung der aufgenommenen Figuren.

a) Flächenberechnung mit Hilfe der auf dem Felde gemessenen Längen.

§. 112. **Das Dreieck.** Das halbe Product der Grundlinie *g* und der zugehörigen Höhe *h* gibt die Fläche *F* eines Dreieckes; es ist somit:

$$F = \frac{1}{2} \cdot g \cdot h \quad \dots \dots \dots 29)$$

Als Grundlinie kann jede der Dreieckseiten angenommen werden. Die zugehörige Höhe ist die Senkrechte von der gegenüberliegenden Ecke auf die angenommene Grundlinie und wird auf dem Felde am schnellsten mit dem Winkelspiegel oder dem Prismenkreuz gefüllt.

Hat man die Maßzahlen *a*, *b*, *c* der drei Seiten *a*, *b*, *c* eines Dreieckes durch Messung bestimmt, so ist die Fläche

$$F = \sqrt{s \cdot (s - a) \cdot (s - b) \cdot (s - c)} \quad \dots \dots \dots 30)$$

wobei $s = \frac{1}{2} \cdot (a + b + c)$, den halben Umfang des Dreieckes bezeichnet.

§. 113. **Das Viereck.** Ist das zu berechnende Viereck ein Parallelogramm von der Grundlinie *g* und der Höhe *h*, so ist die Fläche

$$F = g \cdot h \quad \dots \dots \dots 31)$$

Für das Trapez gilt die Formel:

$$F = \frac{1}{2} \cdot (a + b) \cdot h \quad \dots \dots \dots 32)$$

d. h. die Fläche ist gleich dem arithmetischen Mittel der parallelen Seiten *a* und *b*, multipliciert mit deren Abstand *h* (Höhe des Trapezes).

Ein unregelmäßiges Viereck (Trapezoid) wird, wie folgt, berechnet: Man steckt eine Diagonale aus und fällt mit dem Winkelspiegel oder Prismenkreuz von den zwei anderen Eckpunkten Senkrechte auf die Diagonale; dann ist die Fläche

$$F = \frac{1}{2} \cdot (h_1 + h_2) \cdot d \quad \dots \dots \dots 33)$$

wenn *d* die Maßzahl der Diagonale, *h*₁ und *h*₂ die Maßzahlen der Senkrechten bezeichnen.

§. 114. **Das Polygon.** Ist ein Polygon mit Hilfe von Coordinaten aufgenommen worden, so wird die Flächenberechnung desselben folgenderweise durchgeführt:

Bezeichnet man mit *x*₁, *x*₂, *x*₃ (Fig. 73) die Abscissen und mit *y*₁, *y*₂, *y*₃ die Ordinaten der Eckpunkte 1, 2, 3 des

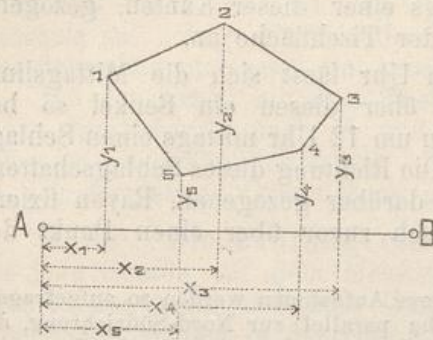


Fig. 73.

Polygons, so ist z. B. die Fläche des zwischen den Ordinaten y_1 und y_2 eingeschlossenen Trapezes:

$$\text{Trapez (1, 2)} = \frac{1}{2} \cdot (x_2 - x_1) \cdot (y_2 + y_1)$$

Es ist daher die Fläche des Polygons:

$$\begin{aligned} F &= \text{Trp. (1, 2)} + \text{Trp. (2, 3)} - \text{Trp. (3, 4)} \\ &\quad - \text{Trp. (4, 5)} - \text{Trp. (5, 1)} = \\ &= \frac{1}{2} \cdot (x_2 - x_1) \cdot (y_2 + y_1) \\ &\quad + \frac{1}{2} \cdot (x_3 - x_2) \cdot (y_3 + y_2) \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot (x_3 - x_4) \cdot (y_3 + y_4) \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot (x_4 - x_5) \cdot (y_4 + y_5) \\ &\quad - \frac{1}{2} \cdot (x_5 - x_1) \cdot (y_5 + y_1); \end{aligned}$$

daher die doppelte Fläche:

$$2F = (x_2 - x_1) \cdot (y_2 + y_1) + (x_3 - x_2) \cdot (y_3 + y_2) + (x_4 - x_3) \cdot (y_4 + y_3) + (x_5 - x_4) \cdot (y_5 + y_4) + (x_1 - x_5) \cdot (y_1 + y_5) \dots 34)$$

Diese Formel gilt für jede Lage der Abscissenachse AB , also auch für jenen Fall, in dem die Figur von der Achse geschnitten wird. Man

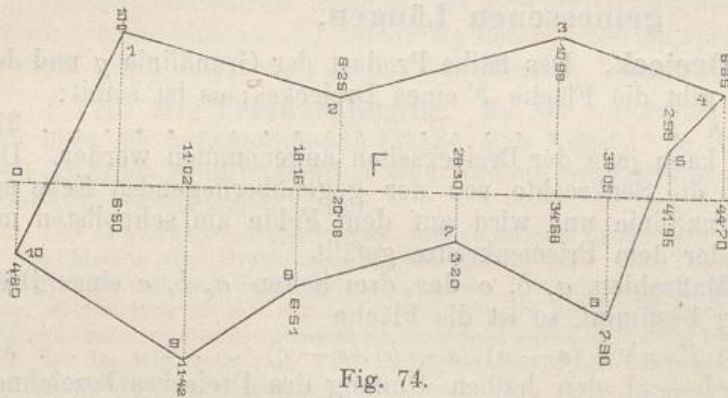


Fig. 74.

beachte hier genau die Vorzeichen der algebraischen Ordinatensummen und jene der Abscissendifferenzen.

Beispiel: Man berechne die mittelst Koordinaten aufgenommene Figur 74.

Die Berechnung ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Flächen - Tabelle.

Figur	Abscissen-Differenz	Ordinaten-Summe	Doppelte Fläche	
			+	-
1-2	+ 13 58	+ 16 25	220 78	.
2-3	+ 14 60	+ 17 23	251 56	.
3-4	+ 10 02	+ 17 83	178 66	.
4-5	- 2 75	+ 9 83	.	- 27 03
5-6	- 3 90	- 4 92	19 19	.
6-7	- 9 75	- 11 10	108 23	.
7-8	- 10 14	- 9 71	98 46	.
8-9	- 7 14	- 17 93	128 02	.
9-10	- 11 02	- 16 22	178 74	.
10-1	+ 6 50	+ 5 20	33 80	.
			+ 1217 44	- 27 03
			- 27 03	
		2 F =	1190 41	

$$\text{daher } F = 595 20 \text{ m}^2 = 5 \text{ a } 95 2 \text{ m}^2$$

Die vorliegende Fläche hat somit 5 Ar 95 2 Quadratmeter Ausmaß.

b) Flächenermittlung nach dem Plane.

§. 115. **Flächenbestimmung durch Abnahme der Maße.** Die zur Berechnung nöthigen Maßzahlen werden erhalten, indem man die einzelnen Längen auf dem Plane mit dem Zirkel absticht und nach dem zugehörigen Maßstabe in Zahlen ausdrückt.

Die Berechnung geradlinig begrenzter Figuren geschieht nach den in §. 112—114 gegebenen Formeln. Häufig verwandelt man auch das gegebene Polygon durch geometrische Constructionen in ein flächengleiches Dreieck und berechnet letzteres anstatt des Polygons.

Figuren mit einem ganz oder theilweise krummlinig begrenzten Umfange zerlegt man, durch gleichweit abstehende Parallele, in Streifen (Fig. 75). Jeder derartige Streifen kann als Trapez berechnet werden, indem man die mittlere Länge l der parallelen Seiten mit der Höhe h des Trapezes (Abstand der Parallelen) multipliciert. Sind $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$ die aufeinander folgenden mittleren Längen der Streifen, so ist die Fläche der Figur

$$F = h \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n) \dots \dots \dots 35)$$

§. 116. **Das Polar-Planimeter.** Zur Grössenbestimmung krummlinig begrenzter Flächen, durch einfaches Umfahren derselben, verwendet man zumeist die sogenannten Polarplanimeter.

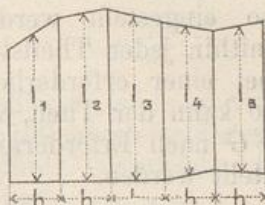


Fig. 75.

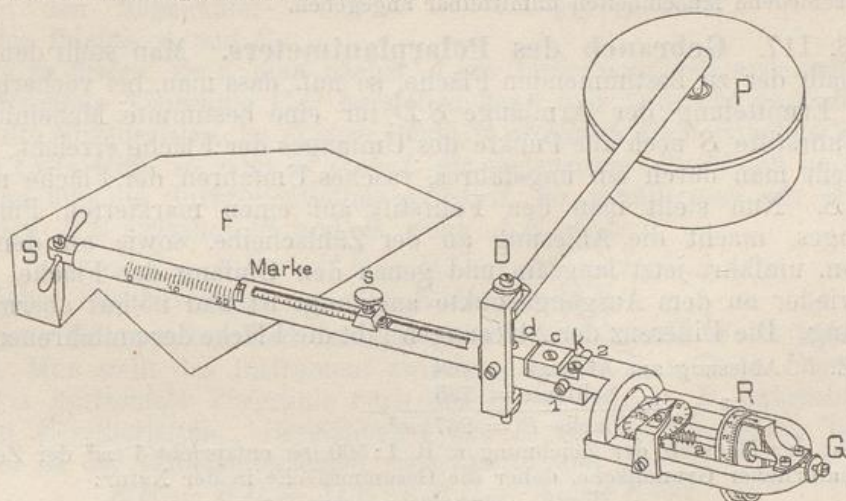


Fig. 76.

Das Polarplanimeter von Starke & Kammerer (Fig. 76) besteht aus zwei Armen PD und SD , welche durch die verticale Achse d mit einander verbunden sind. Der Arm PD hat bei P einen Drehungspunkt, Pol genannt, welcher durch einen mit Blei ausgegossenen Cylinder festgehalten wird. Der Arm SD kann für sich um d und mit PD um P gedreht werden. Bei S befindet sich ein gleitender Stift, mit welchem die zu bestimmende Figur F umfahren wird. Das andere Ende läuft in einen Bügel G aus, in welchem die horizontale Achse a ihr Lager hat. Diese trägt das, auf ihr senkrecht angeordnete, Laufrädchen R , an dessen Umfange eine Theilung zum Ablesen der Bruchtheile einer Umdrehung angegeben ist. Die

ganzen Umdrehungen des Laufrädchens zeigt in Einheiten eine Zähler Scheibe an, deren Drehung durch die auf der Achse a angebrachte Schraube ohne Ende eingeleitet wird.

Gewöhnlich ist der Umfang des Laufrädchens in 100 Theile eingetheilt und kann der, durch die Schraube s in seiner Länge regulierbare, Arm SD so eingestellt werden, dass jeder Theilstrich am Laufrädchen 1 cm^2 , mithin jeder Theilstrich auf der Zähler Scheibe 100 cm^2 Fläche anzeigt. Wird, bei einer erforderlichen Änderung der Maßeinheit, die Schraube s gelüftet, so kann der Theil, welcher den Fahrstift S trägt, in der Hülse des Armes SG nach Erfordernis verschoben und durch Anziehen von s wieder festgestellt werden.

Bedeutet w die Gesamtabwälzung der Rolle beim Umfahren einer bestimmten Fläche F und l die Armlänge SD so ist

$$F = l \cdot w \dots \dots \dots 36)$$

Mithin kann, bei Zugrundelegung einer bestimmten Fläche und gegebener Maßeinheit, (z. B. 1 dm^2) der Wert $l = \frac{F}{w}$ stets berechnet und diese Länge am Instrumente eingestellt werden.

Die Armlänge l kann auch versuchsweise, durch Änderung derselben, bestimmt werden, bis die Angabe des Instrumentes gleichwertig ist mit dem Flächeninhalte des in einer beigegebenen Probeplatte eingravierten Kreises, der mit dem Stifte S umfahren wird, ausgedrückt in der bestimmten Maßeinheit. Öfter wird dieselbe vom Mechaniker für verschiedene Maßeinheiten unmittelbar angegeben.

§. 117. Gebrauch des Polarplanimeters. Man stellt den Pol P , außerhalb der zu bestimmenden Fläche, so auf, dass man, bei vorheriger genauer Ermittlung der Armlänge SD für eine bestimmte Maßeinheit, mit dem Fahrstifte S noch alle Punkte des Umfanges der Fläche erreicht. Dieses beurtheilt man durch ein ungefähres, rasches Umfahren der Fläche mit dem Stifte S . Nun stellt man den Fahrstift auf einen markierten Punkt des Umfanges, macht die Ablesung an der Zähler Scheibe, sowie an dem Laufrädchen, umfährt jetzt langsam und genau den Umfang der Fläche, bis der Stift wieder an dem Ausgangspunkte angelangt ist und notiert abermals die Ablesung. Die Differenz der Ablesungen gibt die Fläche der umfahrenen Figur.

Z. B. Ablesung am Anfange = 468

 " " Schlusse = 735

$$\text{Fläche } F = 267\text{ cm}^2$$

Ist der Maßstab der Zeichnung z. B. $1:500$, so entspricht 1 cm^2 der Zeichnung 25 m^2 natürlicher Grundfläche, daher die Gesamtfläche in der Natur:

$$F = 267 \times 25 = 6675\text{ m}^2.$$

Große Flächen werden durch Gerade in mehrere kleine Theile zerlegt und diese nach dem vorhin erklärten Verfahren bestimmt.

Beim Umfahren krummlinig begrenzter Figuren wird der Stift mit freier Hand geführt, während man sich bei geradliniger Begrenzung eines kleinen Lineales bedienen kann.

Der Fehler der Flächenbestimmung mit dem Polarplanimeter kann 0.005 der Fläche bei einmaligem Umfahren, 0.003 der Fläche bei zweimaligem Umfahren, ja selbst noch geringer werden, wenn man die zu bestimmende Fläche mehrmals umfährt und das erhaltene Resultat durch die Anzahl der Umfahrungen dividiert. Bei größeren Flächen, von etwa 400 cm^2 und mehr, verringern sich diese Fehler erheblich.