



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Das Feldmessen**

**Schewior, Georg**

**Leipzig, 1915**

4. Messung der Polygonwinkel

---

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

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

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

### 3. Bussolenzüge.

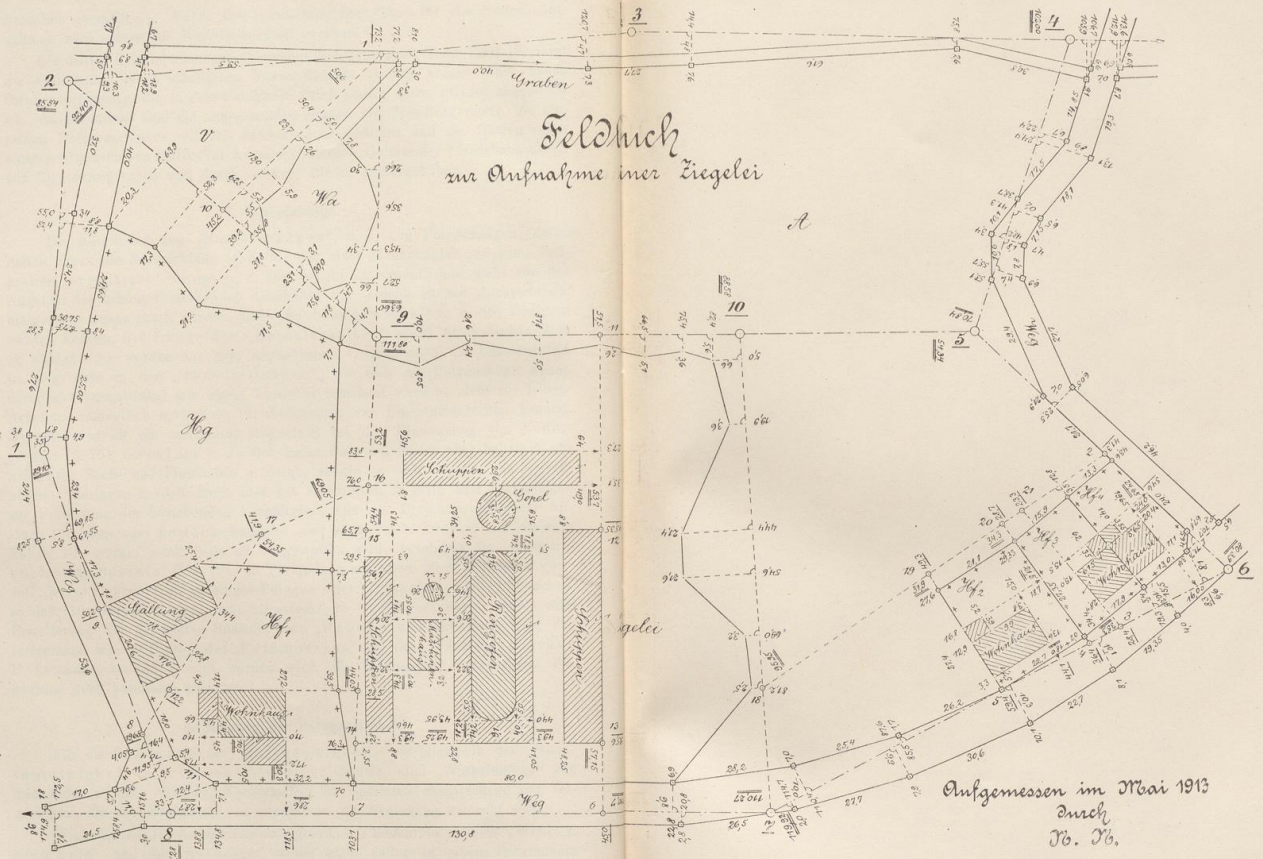
Die Anordnung von „Bussolenzügen“, d. h. von Polygonzügen, deren Seiten gegen die Nordrichtung (s. S. 86) mit einer Magnetnadel und eines Teilkreises „orientiert“ werden (s. S. 86), weicht im wesentlichen nicht von den Angaben der beiden vorstehenden Abschnitte ab. Jedoch ist mit Rücksicht auf die geringe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

### 4. Messung der Polygonwinkel.

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

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

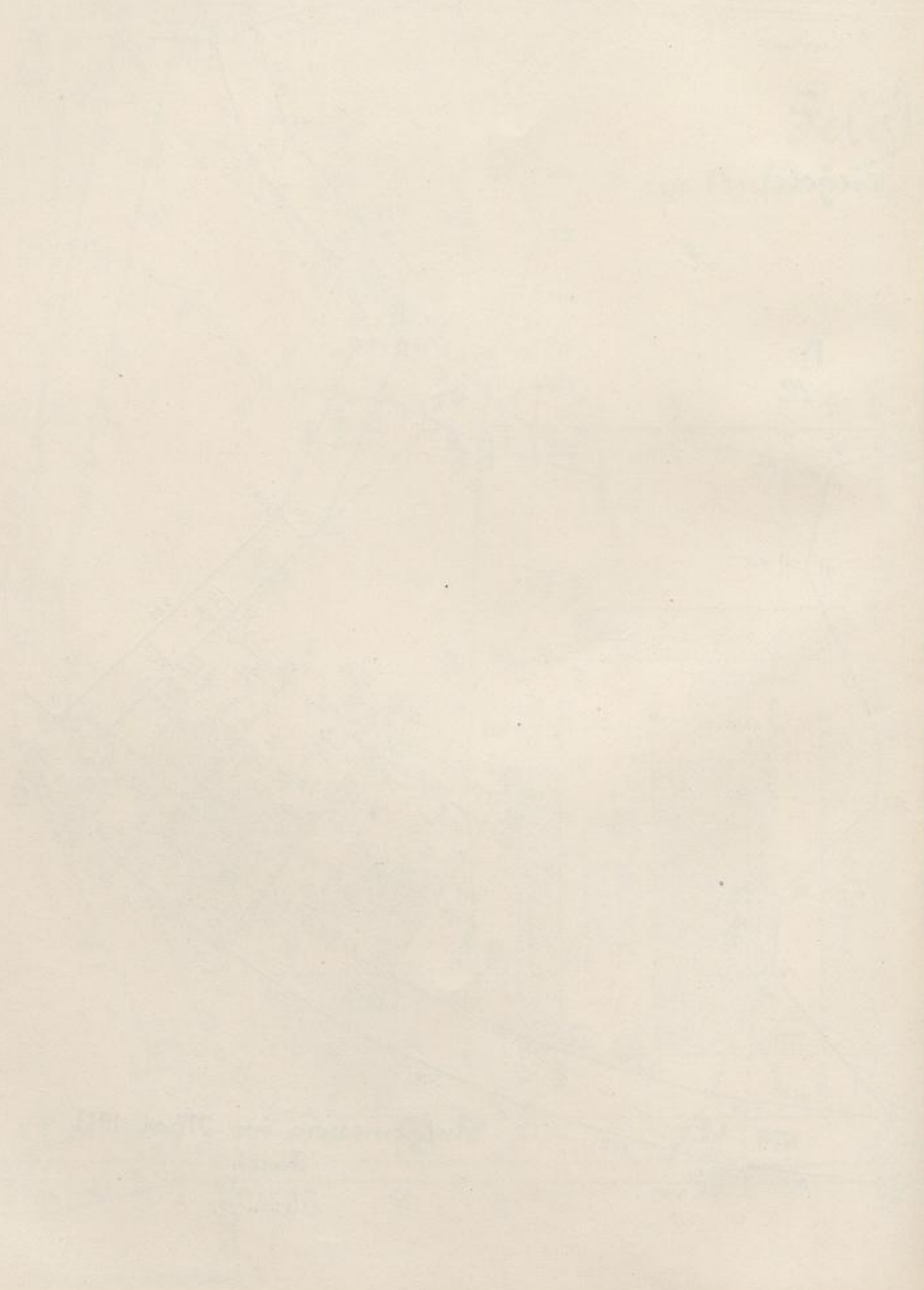
Schweizer, Ferdinand J.



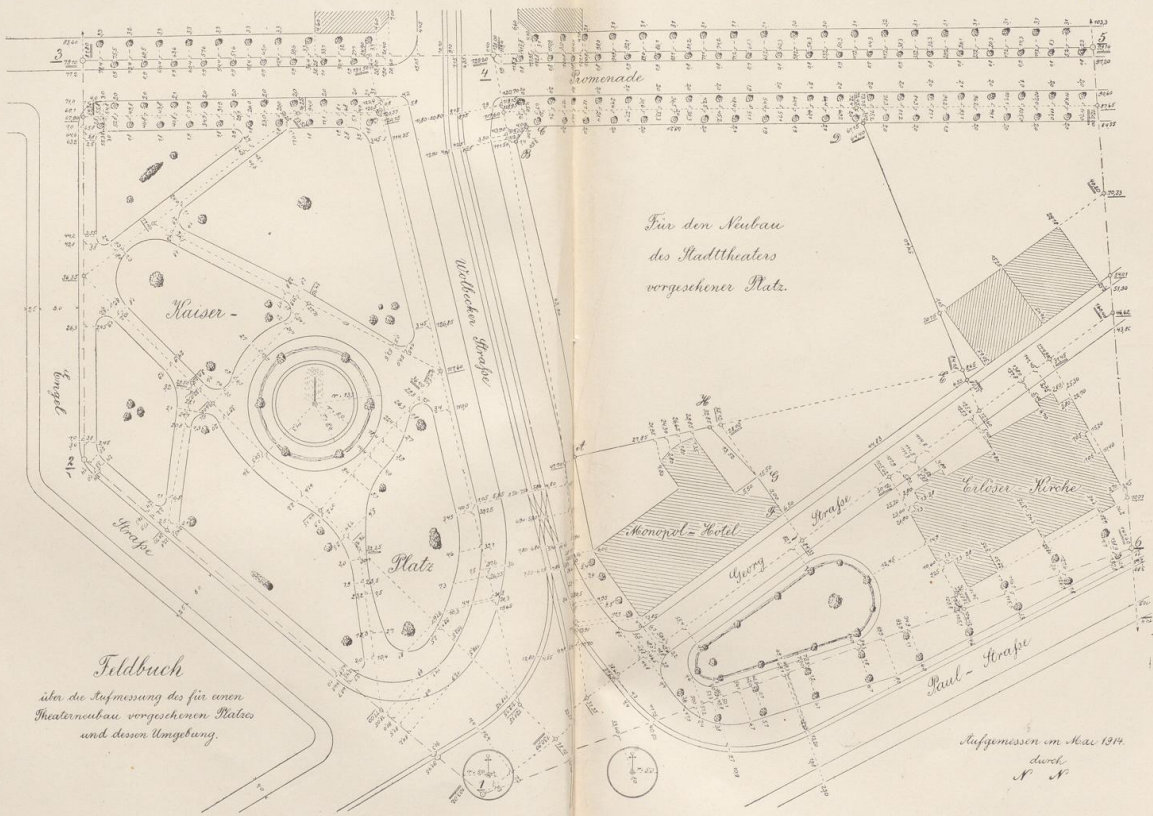
Schwior, Feldmessen I.

11. 21

11. 21







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

Schwior, Feldmessen I.

Für den Neubau  
 des Stadttheaters  
 vorgesehener Platz.

Aufgemessen im Mai 1877  
 durch  
 N. N.









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

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

### a) Die Winkeltrommel.

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

Fig. 173.

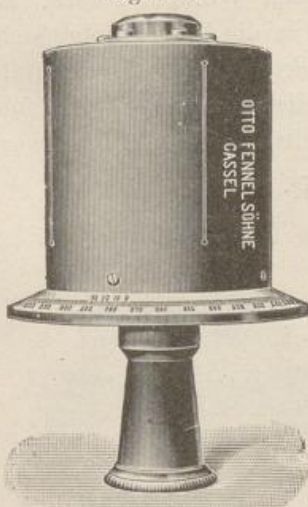


Fig. 174.

Strichmarke

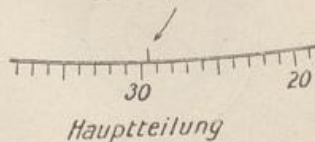


Fig. 175.

Nonius



Nonius

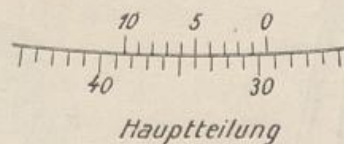


Fig. 176.

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

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

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

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

Rechnet man nach:

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

$$nL - L = nN$$

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

und

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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 177.

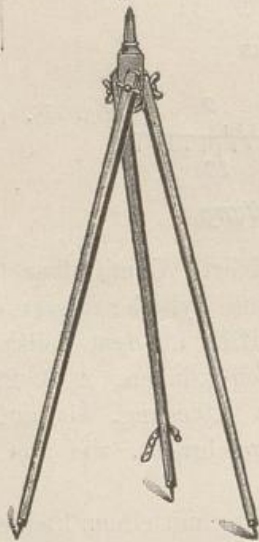


Fig. 178.

Aufsicht

Querschnitt

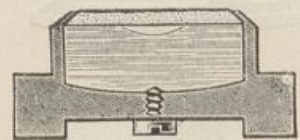
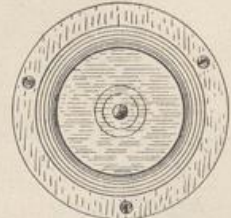


Fig. 179.

Fig. 179 a.

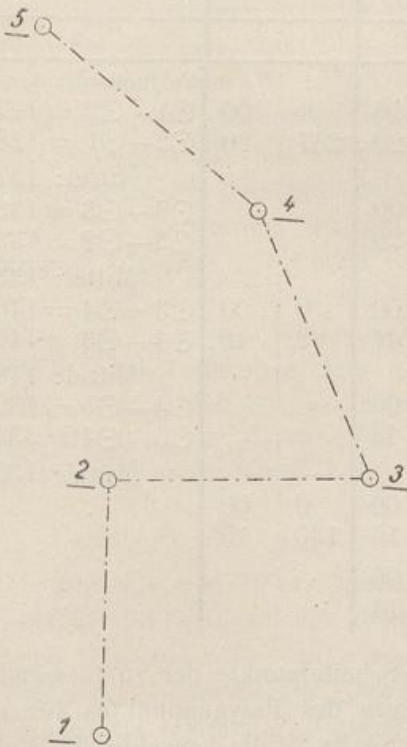


noch der Vorteil kommt, daß die geforderte Stellung des Instrumentes während des ganzen Messungsvorganges leicht überwacht werden kann. In diesem Falle läßt sich die Winkeltrommel auch auf einem einfachen Dreifuß (Fig. 177) be-

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

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

Fig. 180.



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

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

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

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

$$84^\circ 10'$$

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

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

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

**Winkelbuch.** (Muster für Winkeltrummel).

(Zu Figur 180).

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

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

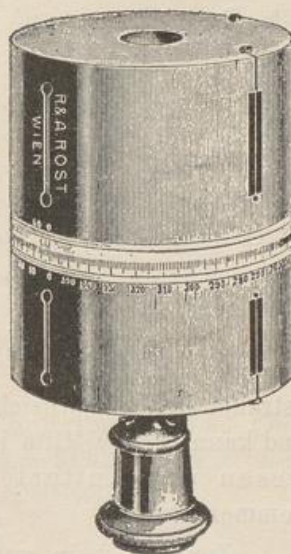
die Richtung des zuerst beobachteten Winkelschenkels zu  $0^{\circ}00'$  ein und subtrahiert sie von der des zweiten Winkelschenkels, so erhält man den gesuchten Polygonwinkel, den man gleichfalls in Spalte 6 schreibt; auf Standpunkt  $\odot 2$  ist es der Winkel  $267^{\circ}20'$ . Ist etwa wie bei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

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

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

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

Fig. 181.



#### b) Die Bussole.

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

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

Fig. 182.

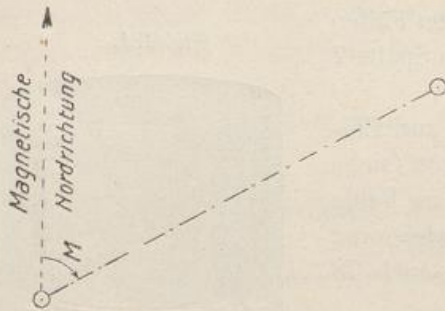
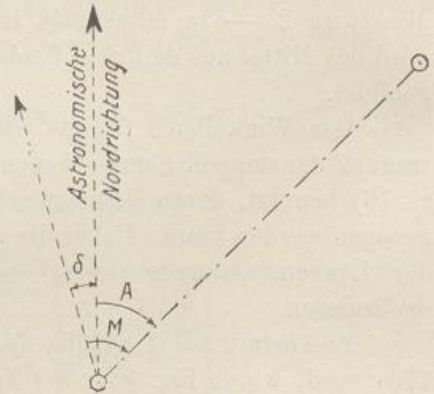


Fig. 183.



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

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

### Mißweisung der Magnetnadel in Deutschland.

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

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

*Wittwer*

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

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

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

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

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

Fig. 184.



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

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

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

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

Fig. 185.

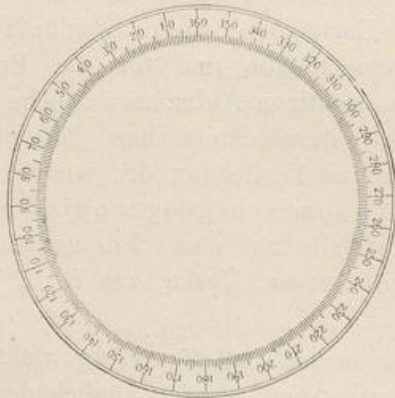
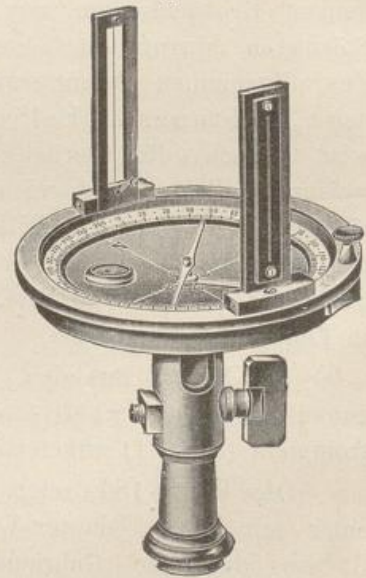


Fig. 185a.

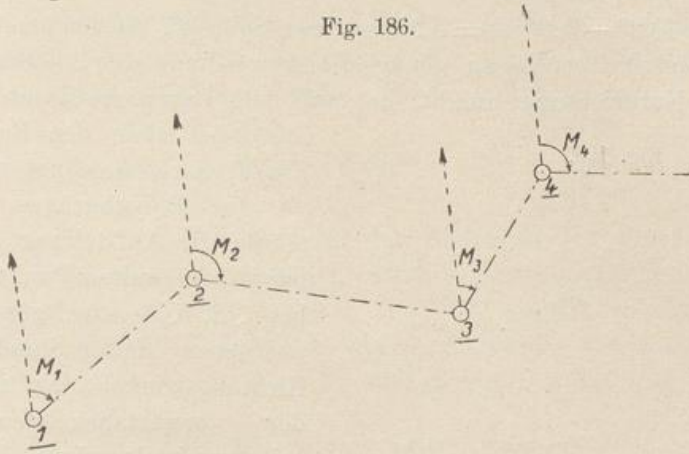


drehen; sie werden beim Gebrauche hochgeklappt. Das Instrument ist mit der Hülse, die gleichfalls auf einen Stab oder auf ein dreifüßiges Stativ aufgesteckt wird, durch ein Kugelgelenk mit Klemmschraube verbunden. Eine Dosenlibelle ist im Innern des Teilkreises zur Horizontierung des Instrumentes eingelassen.

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

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

Fig. 186.



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

Fig. 187.

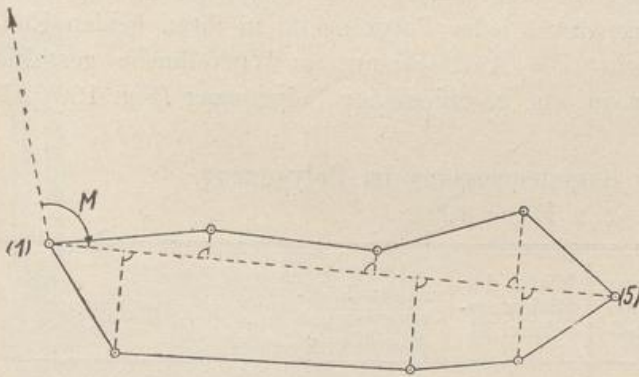


Fig. 188.

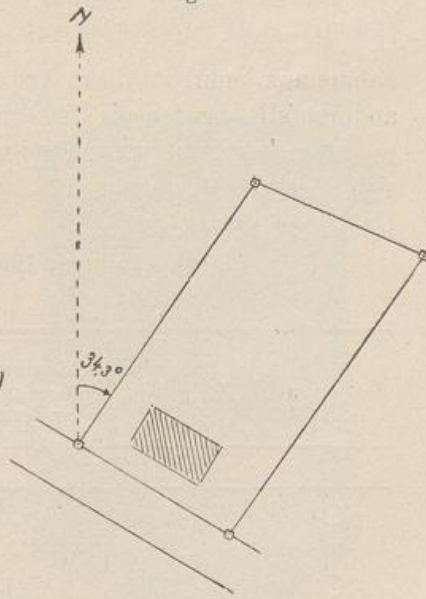
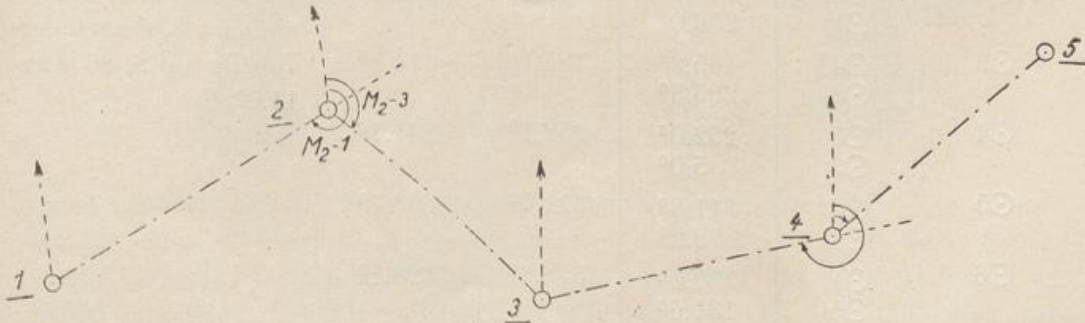


Fig. 189.

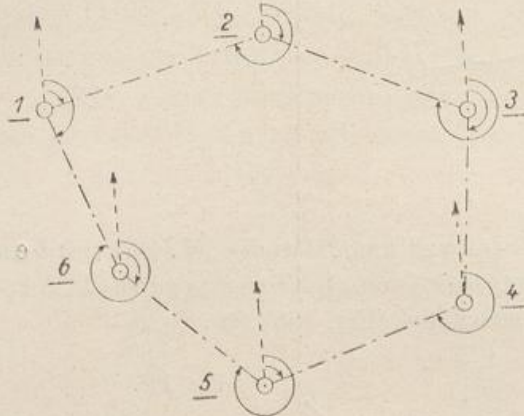


$$A = M - \delta,$$

für die Fig. 188 beispielsweise

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

Fig. 190.



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

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

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

anderefalls werden die Richtungswinkel jeder Polygonseite in ihren beiden Endpunkten bestimmt und gemittelt. Die Aufzeichnung im Winkelbuche gestaltet sich hierbei folgendermaßen, wozu ein geschlossener Polygonzug (Fig. 190) als Unterlage dient.

### Winkelbuch für Bussolenmessung im Polygonzug.

(Zu Figur 190).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 191.

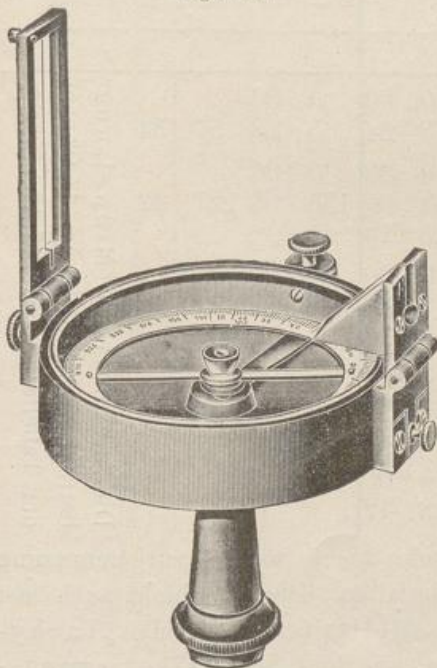
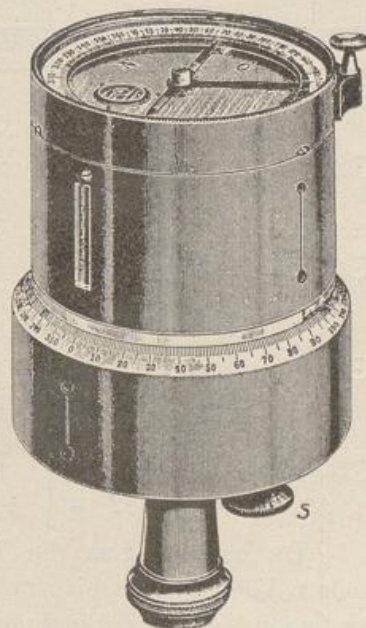


Fig. 192.



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

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

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

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

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

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

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

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

Fig. 193.

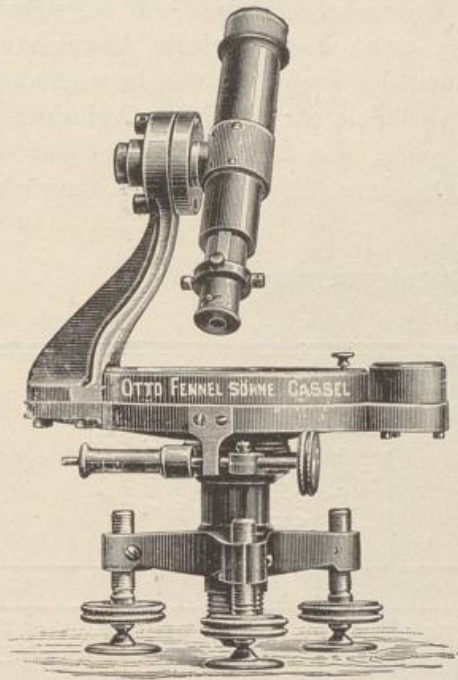


Fig. 193a.

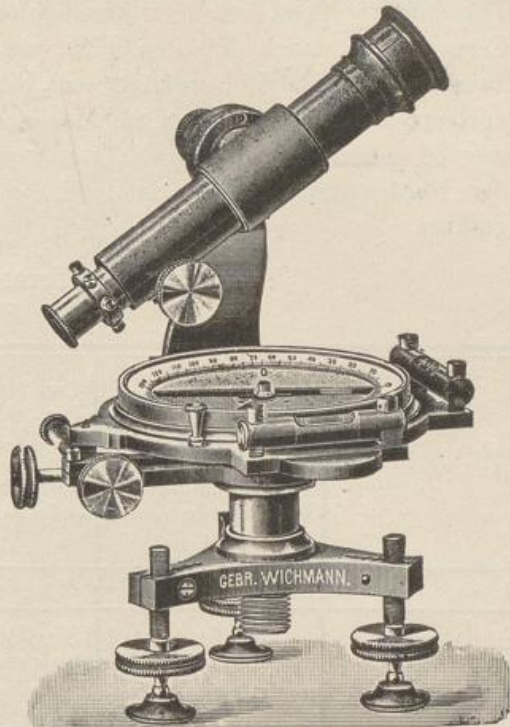
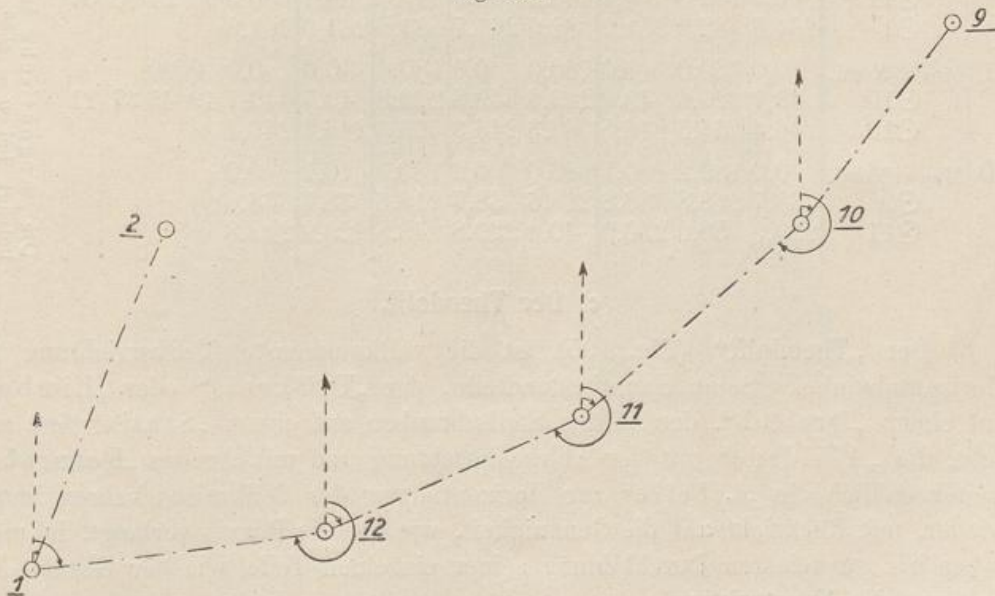


Fig. 194.



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

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

**Winkelbuch für Fernrohr-Bussolenmessungen.**  
(Zu Figur 194)

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

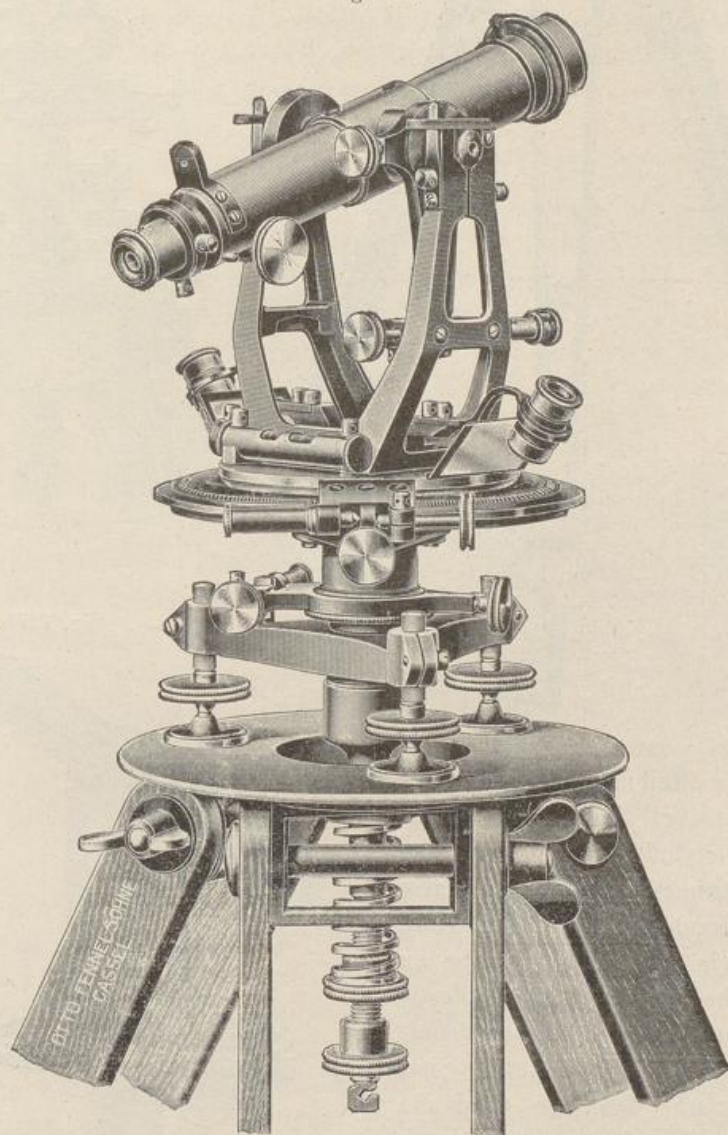
**c) Der Theodolit.**

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

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

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

Fig. 195.



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

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

Fig. 196.

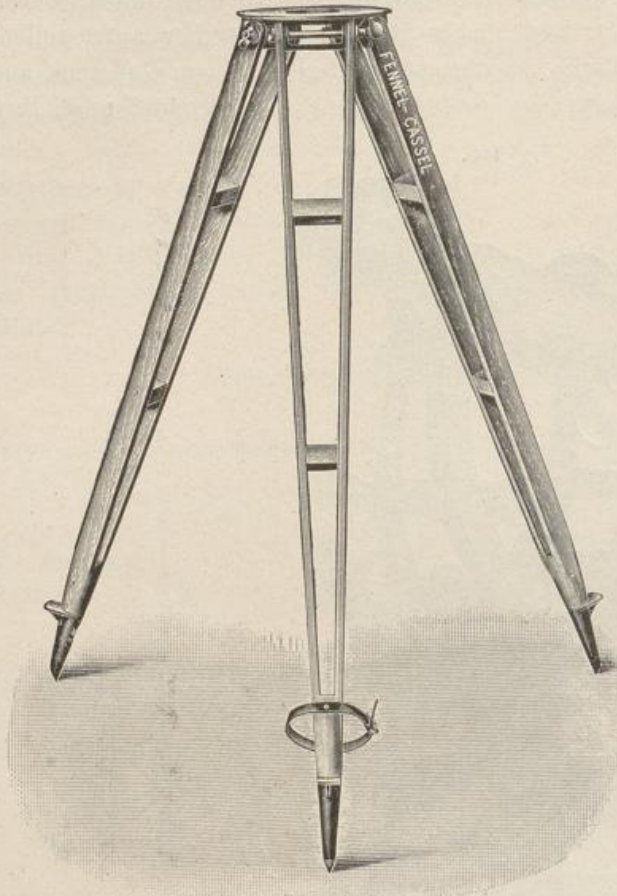


Fig. 197 a.

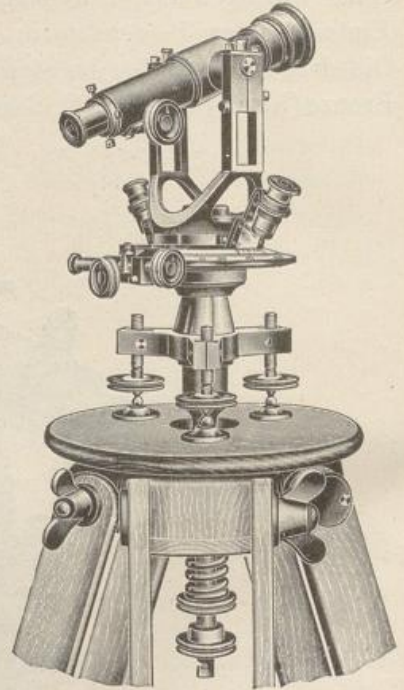
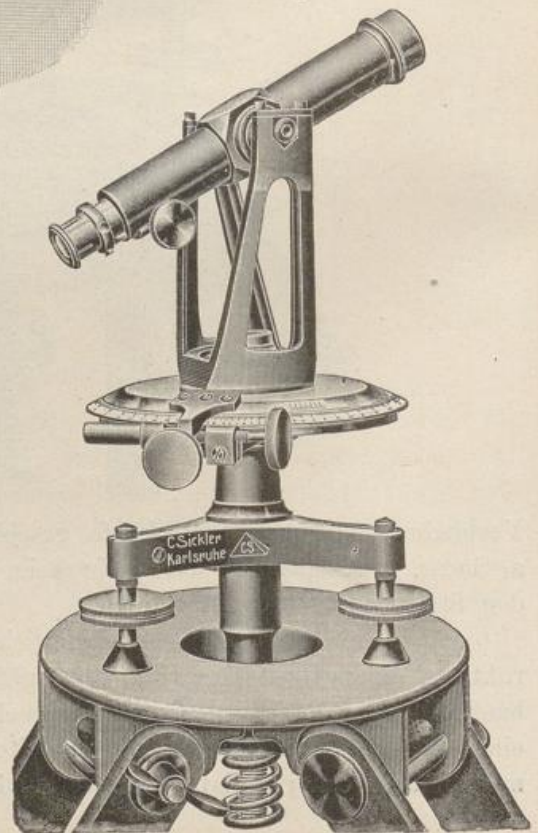


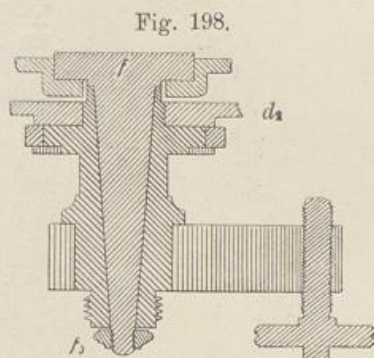
Fig. 197 b.



stärkung der Reibung harte Leder-  
scheiben eingefügt sind. Zur Befesti-  
gung des Dreifußes und damit des  
ganzen Instrumentes auf dem Stativ  
dient die Schraubenstange *b* (Fig. 199),  
die sich mittels einer Herzschaube an  
der Drehbuchse des Dreifußes befesti-  
gen läßt; hierbei wird die feste Rändel-  
scheibe *b*<sub>2</sub> als Handhabe benutzt. Sitzt  
die Herzschaube fest, so wird die  
Spiralfeder *b*<sub>3</sub> (Fig. 199 und 206) durch  
Drehung der Mutter *b*<sub>1</sub> gespannt, wo-  
durch die halbkugelförmig abgedrehte  
Scheibe *b*<sub>4</sub> (Fig. 199) und mit ihr das  
sogen. Stativdreieck *b*<sub>5</sub> (Fig. 199) gegen  
den Stativkopf gepreßt wird. Diese  
Verbindung ist, wie ohne weiteres er-  
sichtlich, keine durchaus starre; mit  
Hilfe der Stellschrauben des Dreifußes,

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

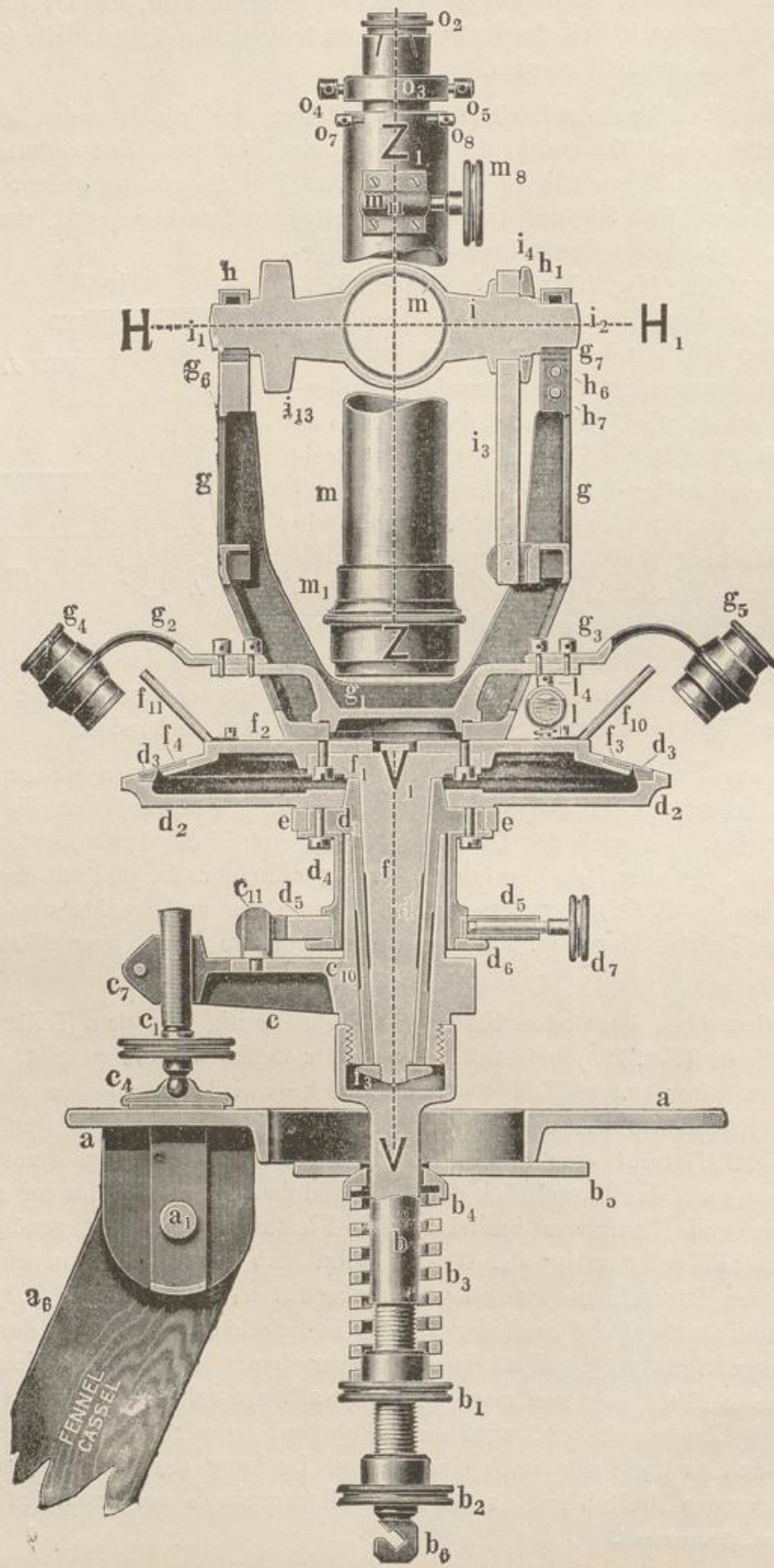
3. Der Teilkreis oder Limbus. Mit dem Dreifuße ist beim „**einfachen Theodoliten**“ (Fig. 197a und b) der Teilkreis oder Limbus  $d_2$  fest verbunden, wie der schematischen Figur 198 zu entnehmen ist. Die Anordnung gleicht der einfachen, auf der Hülse fest aufsitzenden Winkeltrommel nach Seite 81. Im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



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

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

Fig. 199.



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

Fig. 200a.

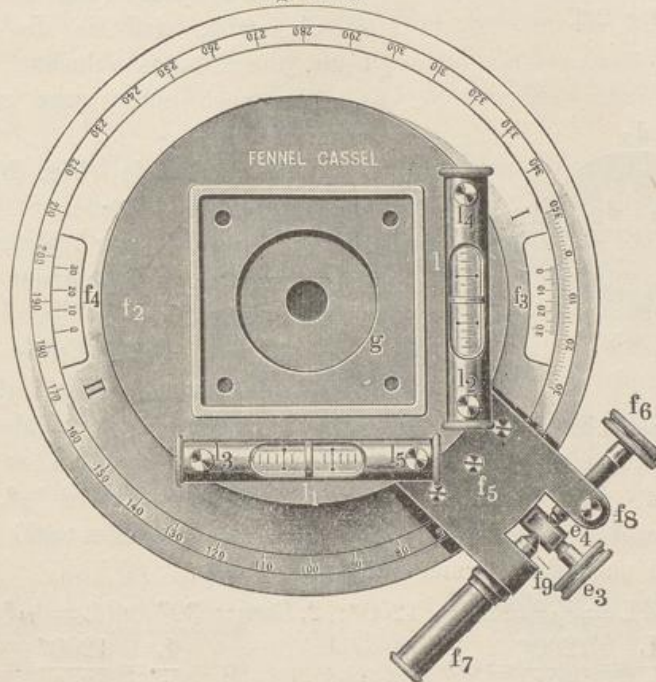
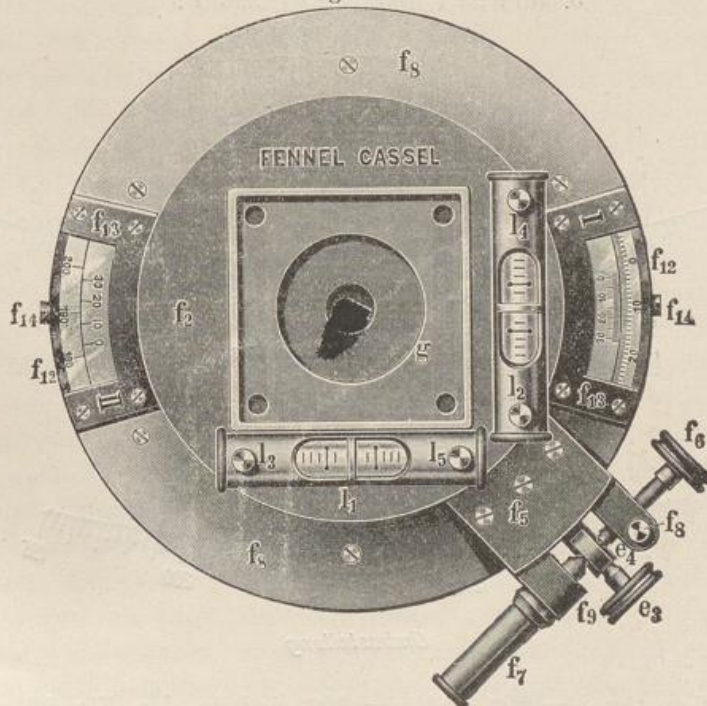


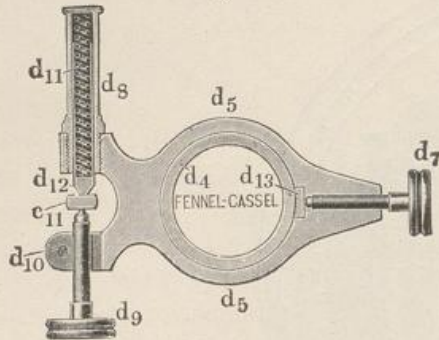
Fig. 200b.



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

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

Fig. 201.



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

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

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

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

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

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

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

Fig. 201 a.

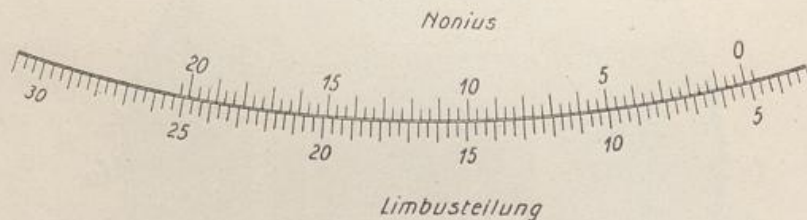


Fig. 201 b.



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

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

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

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

Fig. 202.

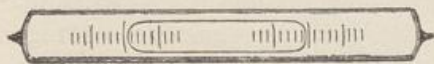
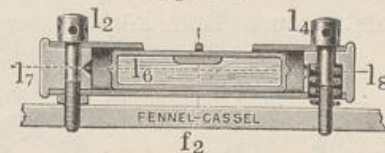


Fig. 203.



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

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

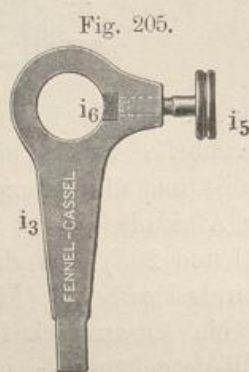
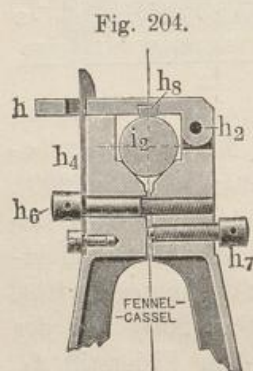
Aus dem Vorstehenden ist zu ersehen, daß beim „Repetitionstheodoliten“ sowohl die Alhidade gegen den Limbus, wie auch die Alhidade zusammen

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

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

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

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



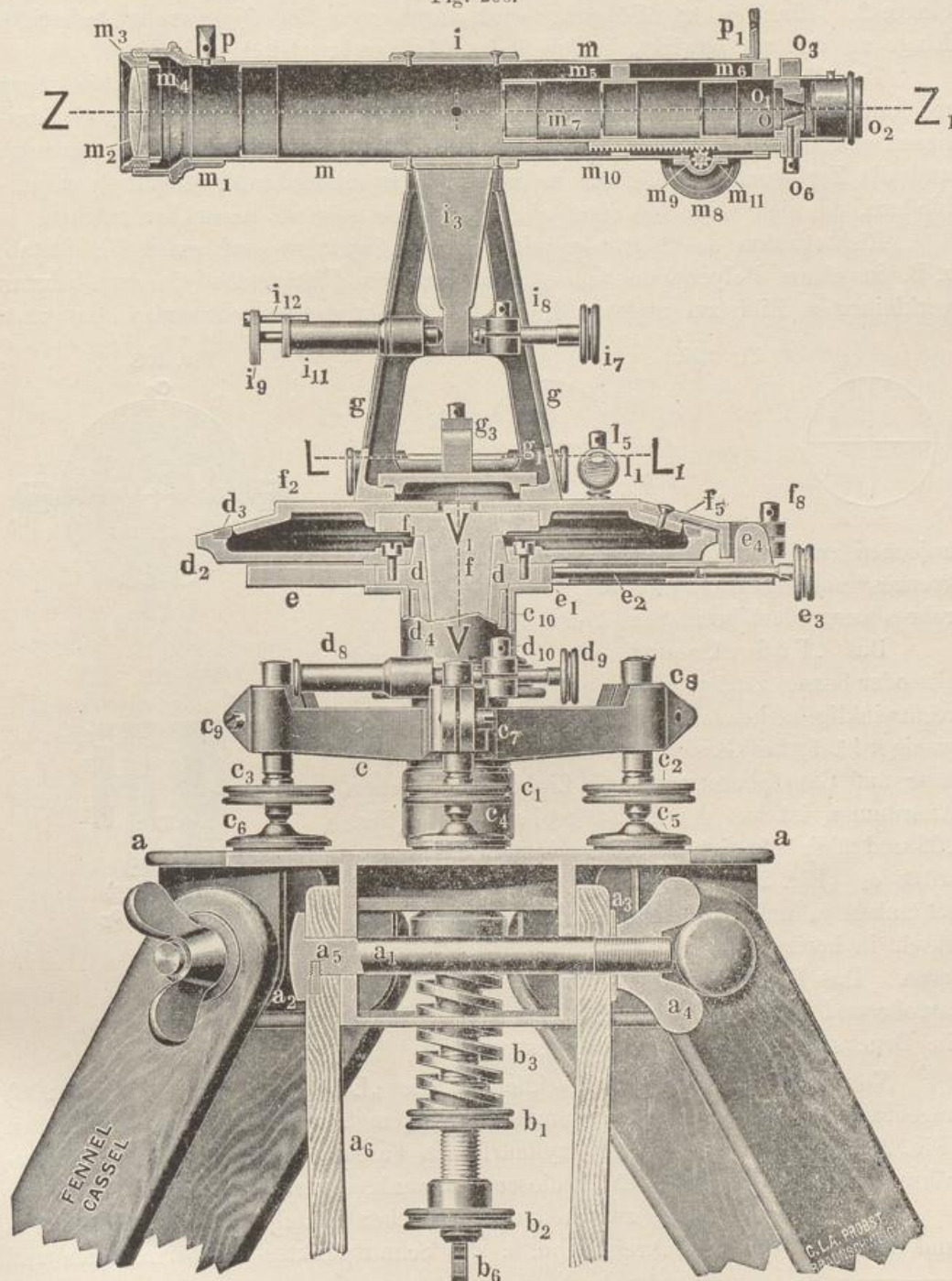
gedrückt oder zusammengezogen werden. Durch Lüftung der Schraube  $h_7$  und Anziehen der Schraube  $h_6$  wird das Lager enger und dadurch der Achszapfen  $i_2$  gehoben, umgekehrt wird durch Lüften von  $h_6$  und Anziehen von  $h_7$  das Lager weiter, und der Achszapfen senkt sich.

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

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

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

Fig. 206.



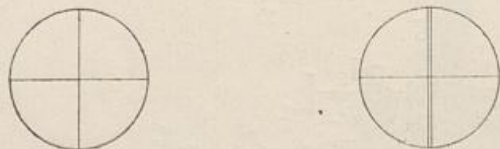
Das Fernrohr selbst ist in einer Ansicht (Fig. 199) und in einem Längenschnitt (Fig. 206) dargestellt. Es besteht aus zwei Metallröhren, dem „Ob-

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

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

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

Fig. 207.



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

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

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

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

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

Fig. 208.

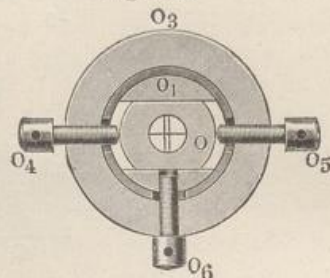
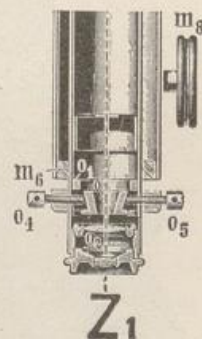


Fig. 209.



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

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

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

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

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

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

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

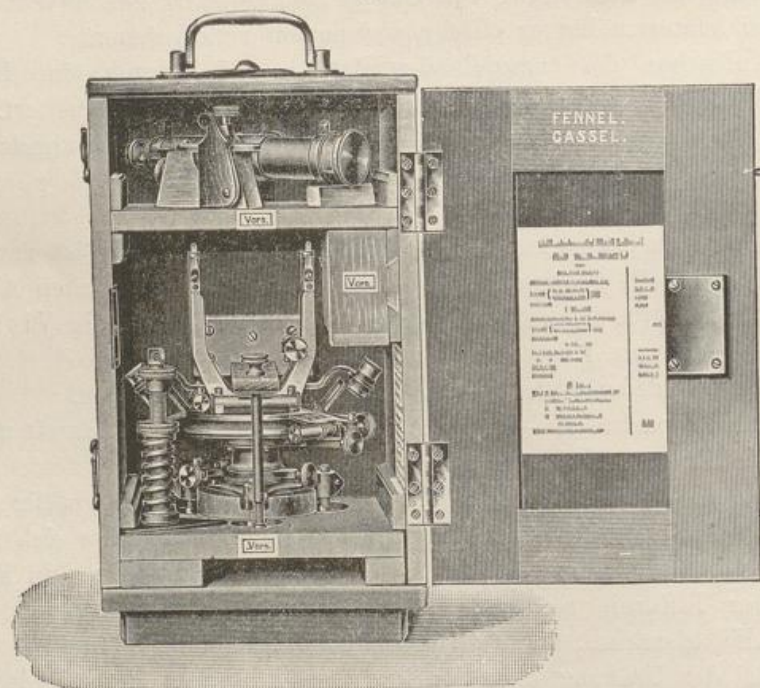
werden vom Fabrikanten, der auch insbesondere die gewünschte genaue rechtwinklige Stellung des Limbus zu dessen Achse bzw. der Alhidadenachse (s. Forderung unter 5.) geben kann, gut berichtet geliefert, vor allem aber werden die entstehenden Fehler durch die in dem folgenden Abschnitte 7 angegebenen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

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

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

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

Fig. 210.



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

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

Fig. 211.

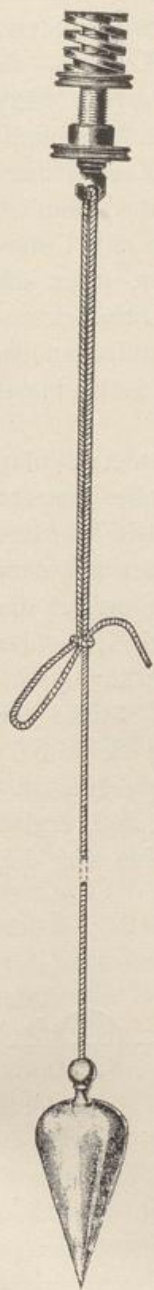
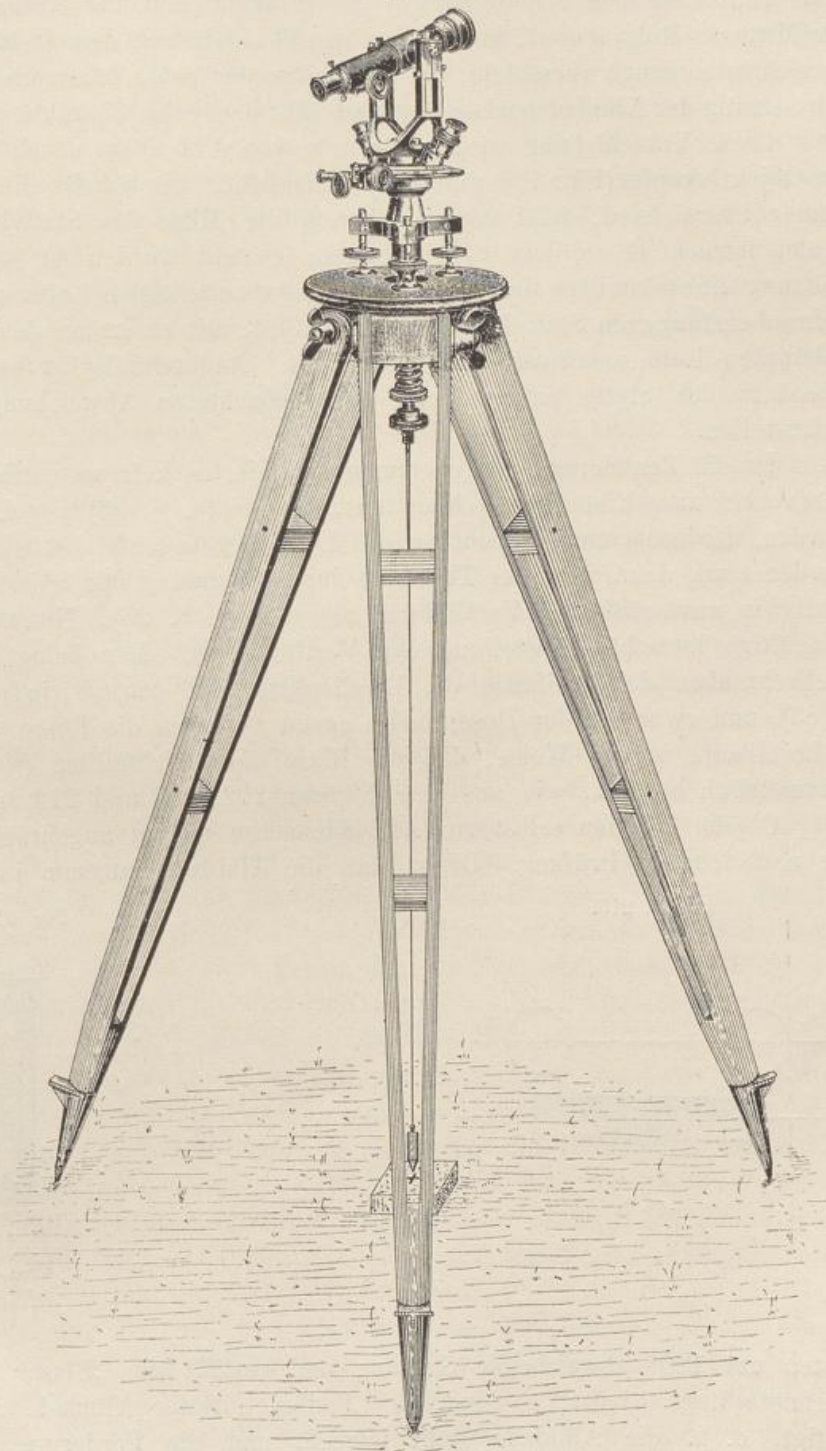


Fig. 212.



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

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

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

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

Fig. 213.

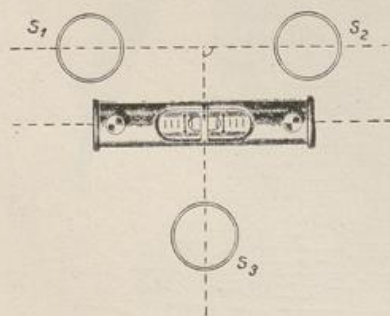
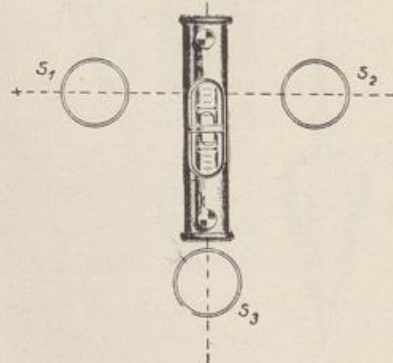


Fig. 214.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

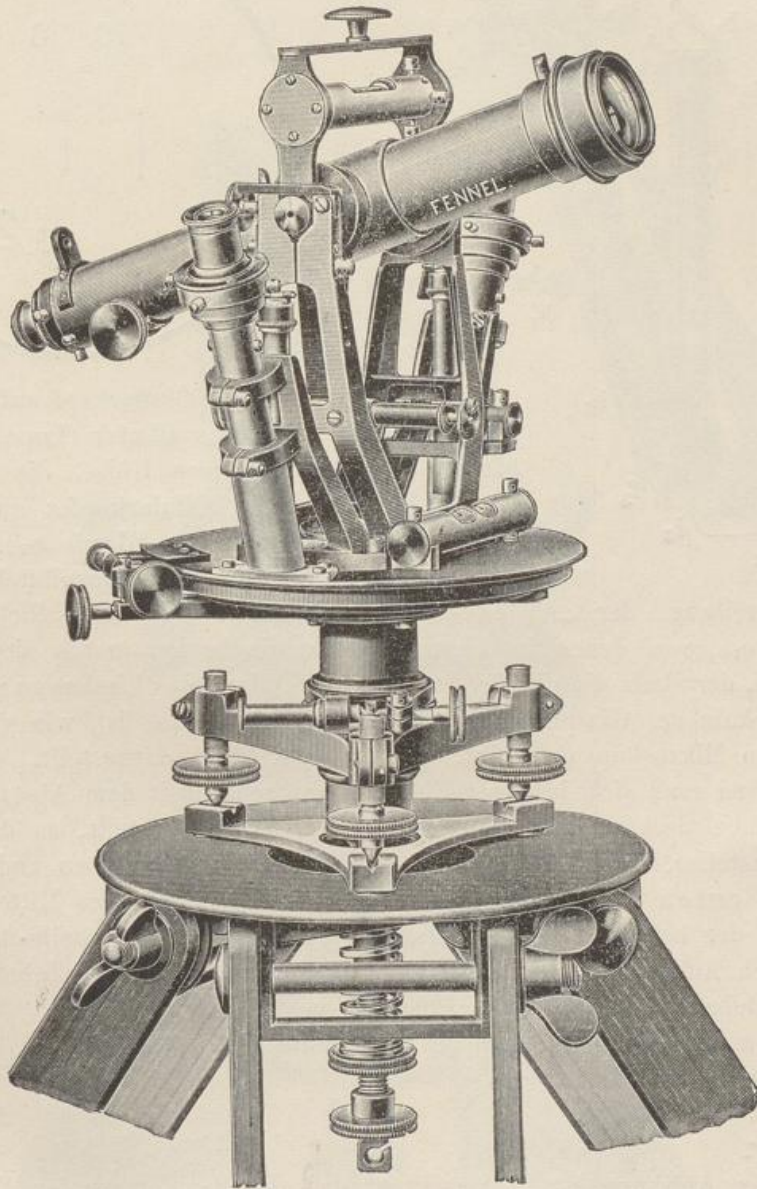
8. Mikroskop-Theodolite. Kleinere und mittlere Theodolite werden außer mit den auf S. 100 usw. beschriebenen „Nonien“ mit sehr praktischen Ablesevorrichtungen, mit „Skalen-Mikroskopen“ und „Nonien-Mikroskopen“ ausgestattet, die im allgemeinen bequemer und genauer, wenn auch etwas teurer als einfache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

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

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

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

Fig. 215.



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

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

Fig. 216.

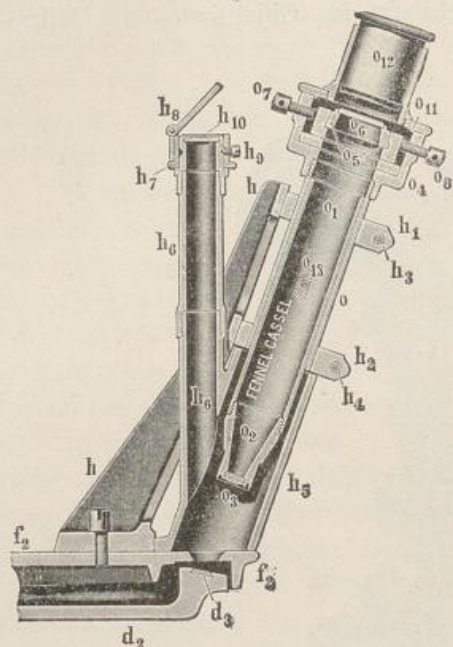
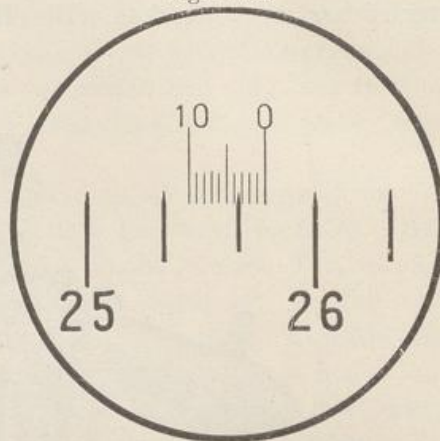


Fig. 216 a.



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

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

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

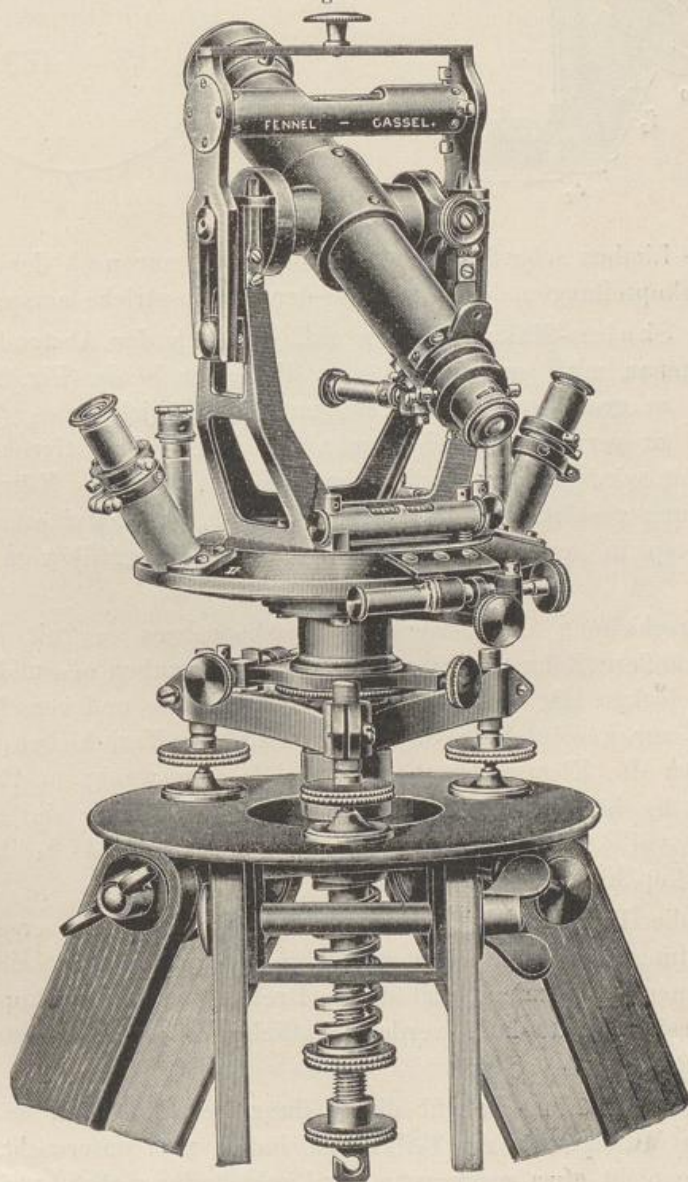
25° 23,4d	
Wäre in dem anderen Mikroskop des Theodolits abgelesen	23,5d
	25° 46,9
so ist der gesuchte Wert	25° 46' 54"
oder	
da $0,1' = 6''$ .	

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

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

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

Fig. 217.



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

Schewior, Feldmessen I.

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

Fig. 217 a.

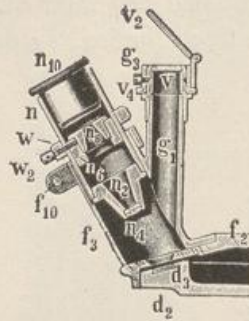
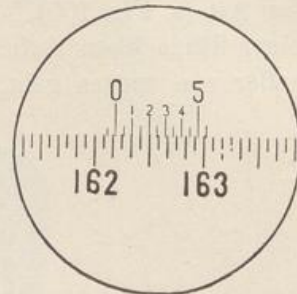


Fig. 218.



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

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

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

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

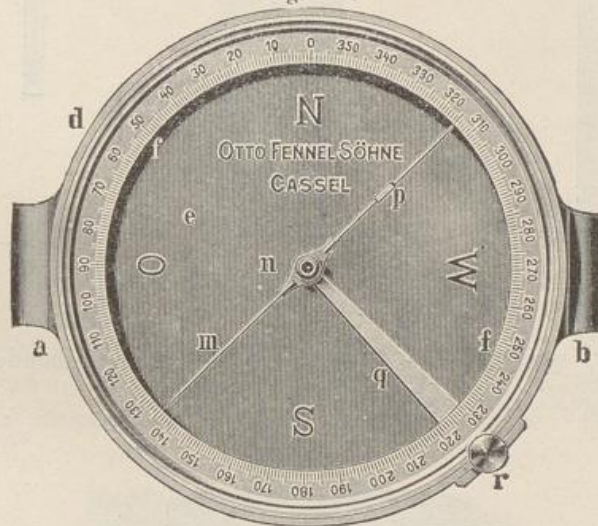
Eine weitere Prüfung betrifft die Stellung der Skalen in den beiden Mikroskopen zum Mittelpunkte des Teilkreises, indem man untersucht, ob von den Skalen die eine nicht etwa weiter von der Limbusteilung absteht als die andere. Eine Abweichung wird durch Verschieben des Schlittens mit der Skala unter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

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

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

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

Fig. 219.



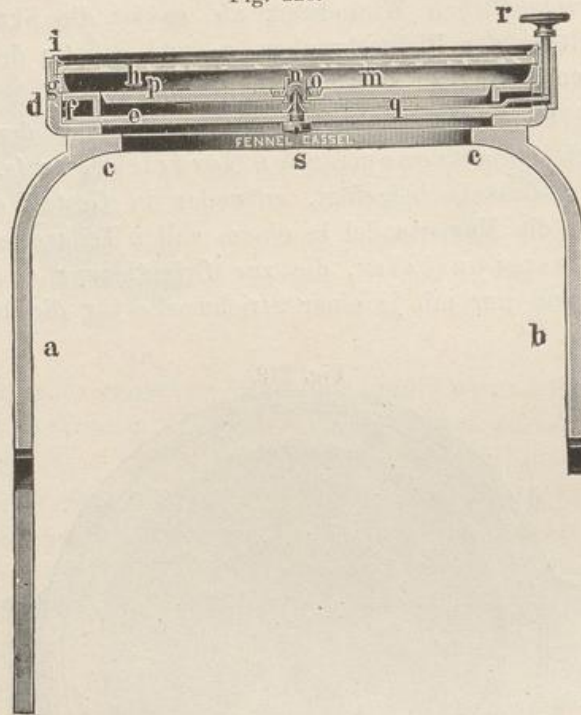
Die Bussolen werden in der Regel erst beim Gebrauche auf die Kippachse des Fernrohres aufgesetzt und sind zweckmäßig so eingerichtet, daß die Verbindungslinie der Teilstriche  $0^\circ$  bis  $180^\circ$  der „Büchsenbusssole“ bzw. der beiden Strichmarken der „Kastenbusssole“ nahezu in der Kippebene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

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

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

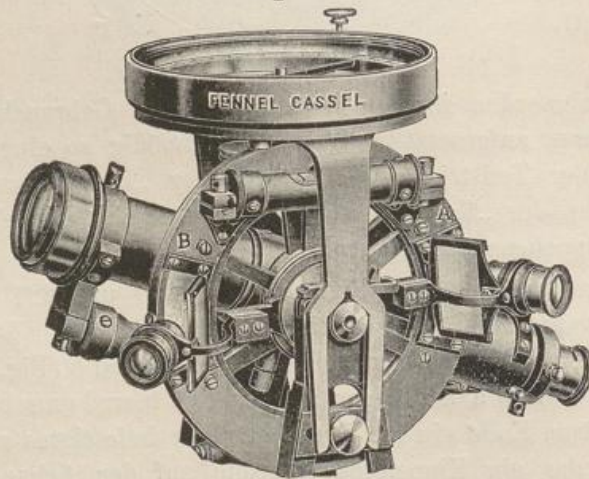
(Fig. 219 und 220) eingepaßt, ferner der Teilkreis f sowie die beiden Ringe g und i als Auflage und Befestigung des Deckglases h. Die „Pinne“ s ist zentrisch zum Teilkreise in den Boden eingeschraubt und trägt die Magnetnadel m. Diese ruht auf der Pinne mittels des Hütchens n, das in einer Fassung o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

Fig. 220.



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

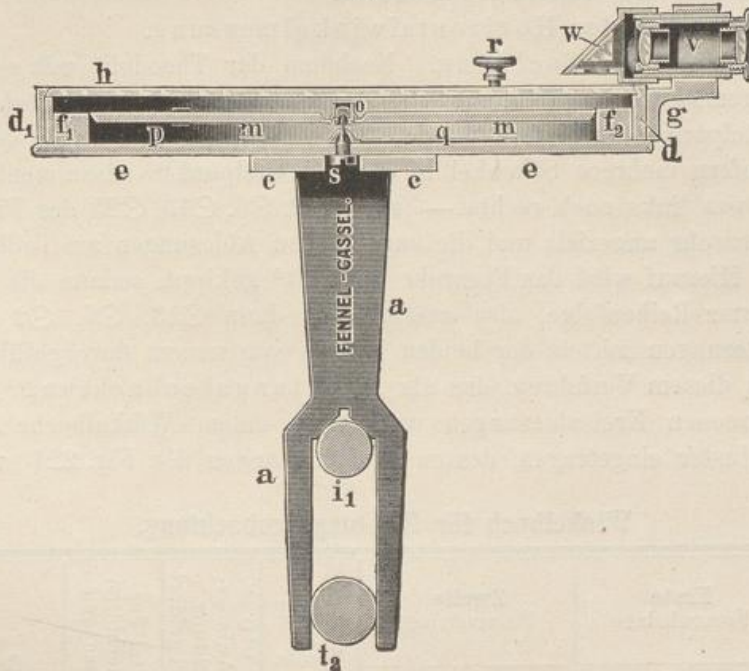
Fig. 221.



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

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

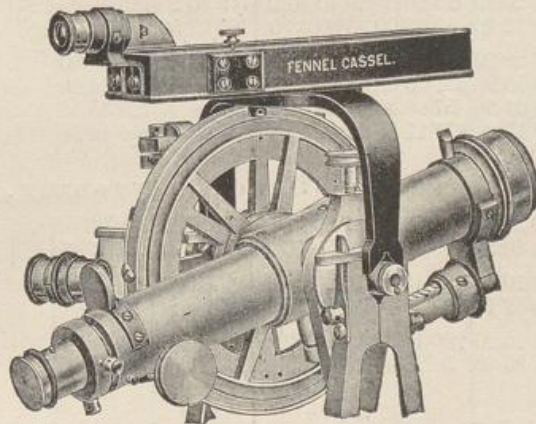
Fig. 222.



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

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

Fig. 223.



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

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

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

10. Methoden der Horizontalwinkelmessung.

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

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

Winkelbuch für Richtungsbeobachtung.

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

1. Richtungsbeobachtung zu Fig. 224.

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

2. Winkelmessung zum offenen Polygonzug, Fig. 180.

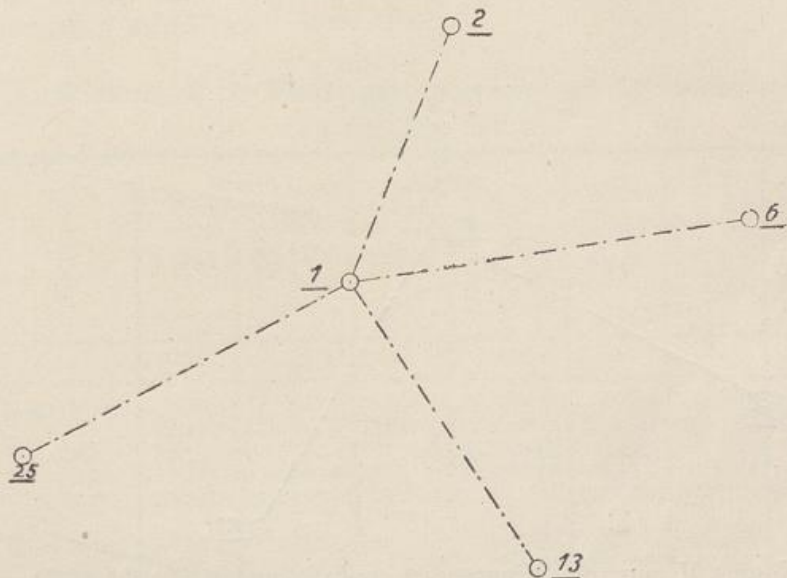
⊙2	⊙1	12 21 20	21 40 21 30	192 21 00	21 20 21 10	12 21 20	0 00 00	Polygonseiten: ⊙1—⊙2 = 127,97
	⊙3	279 40 40	20 40 30	99 40 50	40 50 40 50	279 40 40	267 19 20	
⊙3	⊙2	45 10 20	10 00 10 10	225 10 40	10 20 10 30	45 10 20	0 00 00	⊙2—⊙3 = 133,07
	⊙4	127 52 00	52 20 52 10	307 52 40	52 20 52 30	127 52 20	82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

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

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

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

Fig. 224.



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

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

Fig. 224 a.

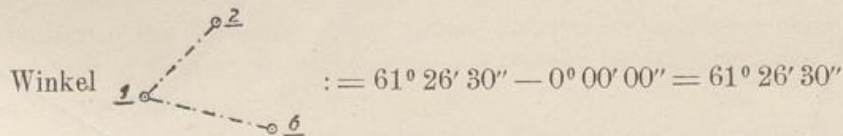
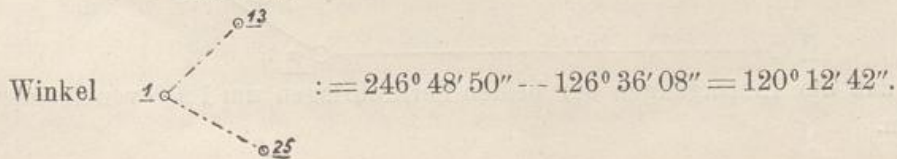
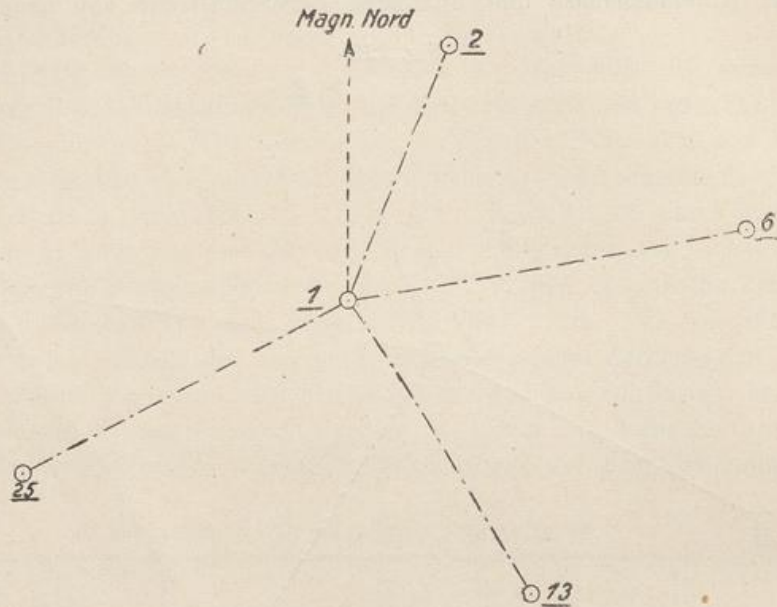


Fig. 224 b.



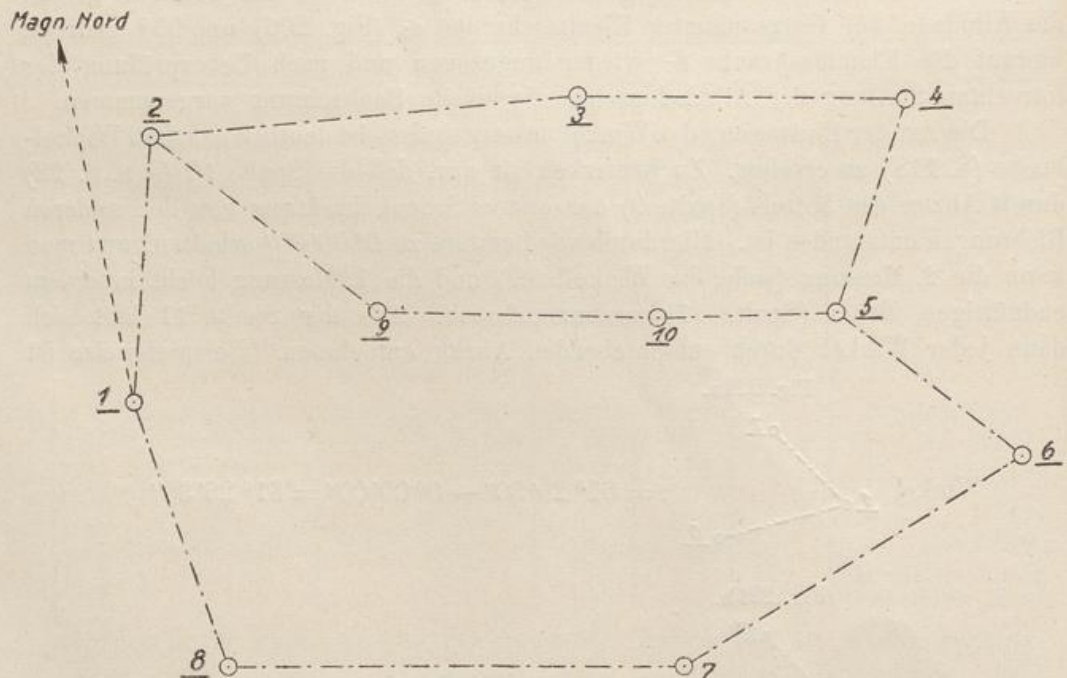
Für die Mittelbildung in Spalte 9 werden die Gradzahlen einer Fernrohr-  
lage, etwa der ersten, beibehalten; aus dem Winkelbuche ist auch ersichtlich,

Fig. 225.



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

Fig. 226.



darin, daß die Eintragungen der beiden Fernrohr-  
lagen um  $180^\circ$  voneinander ab-  
weichen.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Polygonseitenmessung:

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

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

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

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

Fig. 227.

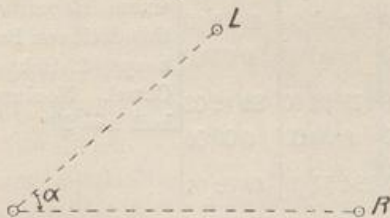
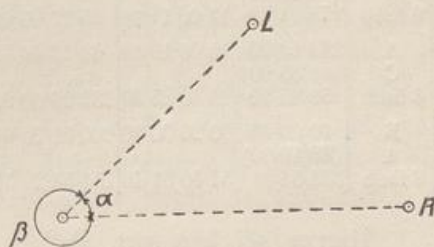


Fig. 228.



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

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

Wäre nach Figur 228:

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

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

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

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

### Winkelbuch für Repetitionsmessung.

(Zu Fig. 147).

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

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