



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Feldmessen

Schewior, Georg

Leipzig, 1915

10. Methoden der Horizontalwinkelmessung

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

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

10. Methoden der Horizontalwinkelmessung.

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

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

Winkelbuch für Richtungsbeobachtung.

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

1. Richtungsbeobachtung zu Fig. 224.

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

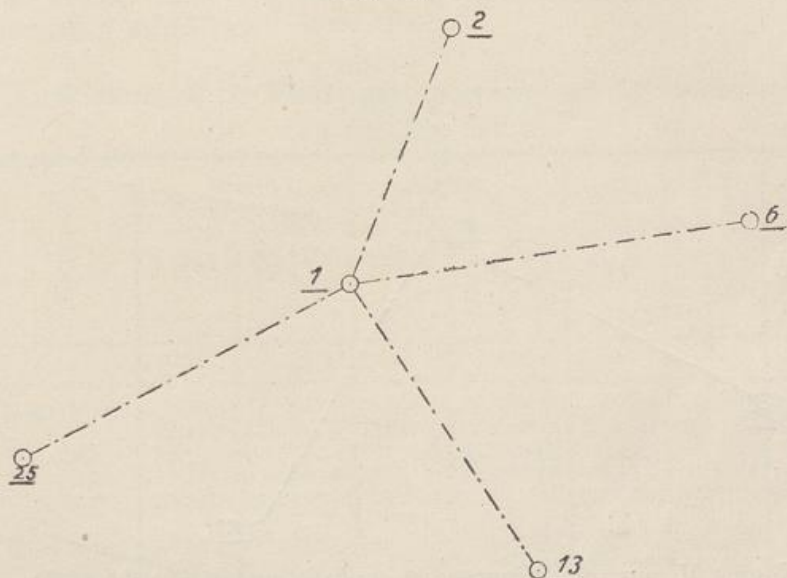
2. Winkelmessung zum offenen Polygonzug, Fig. 180.

⊙2	⊙1	12 21 20	21 40 21 30	192 21 00	21 20 21 10	12 21 20	0 00 00	Polygonseiten: ⊙1—⊙2 = 127,97
	⊙3	279 40 40	40 20 40 30	99 40 50	40 50 40 50	279 40 40	267 19 20	
⊙3	⊙2	45 10 20	10 00 10 10	225 10 40	10 20 10 30	45 10 20	0 00 00	⊙3—⊙4 = 146,51
	⊙4	127 52 00	52 20 52 10	307 52 40	52 20 52 30	127 52 20	82 42 00	⊙4—⊙5 = 139,90
⊙4	⊙3	100 10 20	10 20 10 20	280 10 40	10 40 10 40	100 10 30	0 00 00	übernommen aus d. Winkelbuch S. 84.
	⊙5	230 25 20	25 40 25 30	50 25 40	25 40 25 40	230 25 35	130 15 05	

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

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

Fig. 224.



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

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

Fig. 224 a.

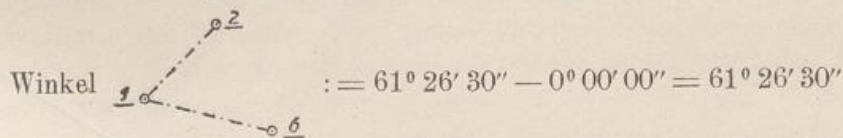
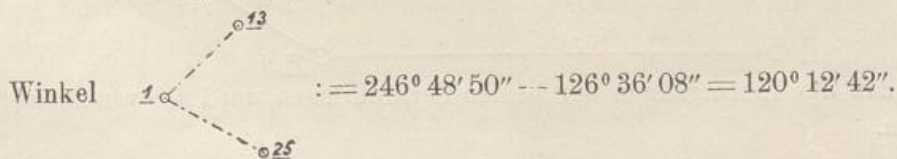
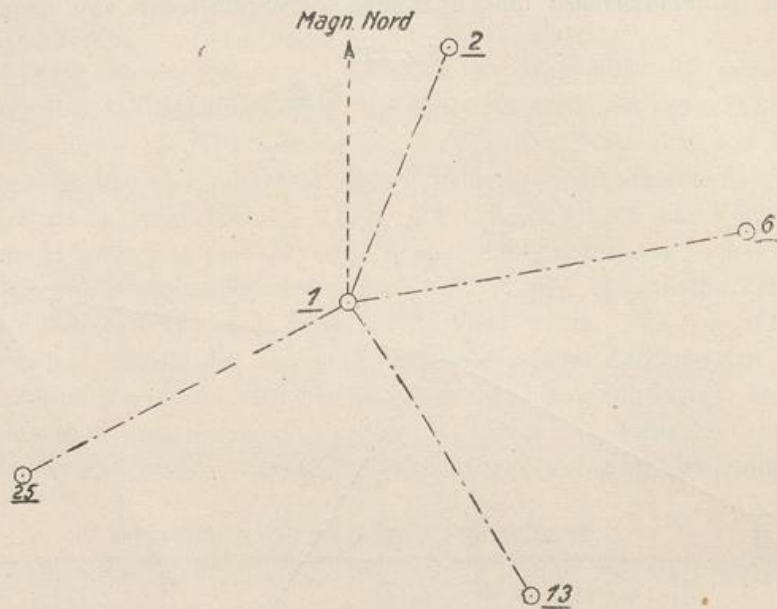


Fig. 224 b.



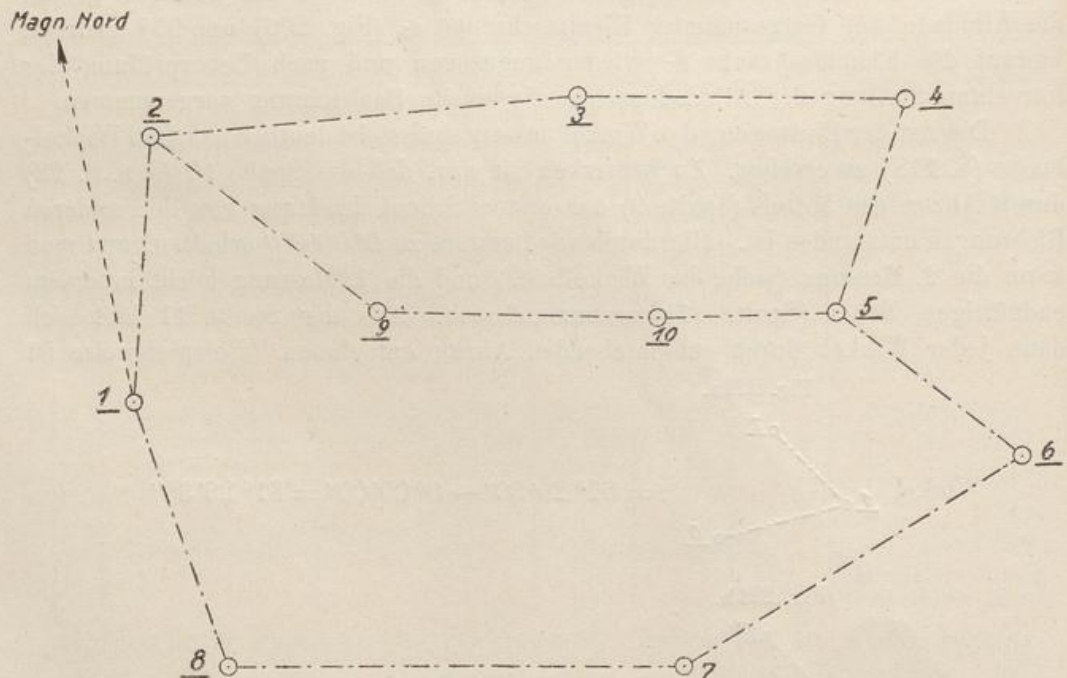
Für die Mittelbildung in Spalte 9 werden die Gradzahlen einer Fernrohr-
lage, etwa der ersten, beibehalten; aus dem Winkelbuche ist auch ersichtlich,

Fig. 225.



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

Fig. 226.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Standpunkt	Zielpunkt	Erste Fernrohrlage				Zweite Fernrohrlage				Mittel aus Spalte 5 und 8			Auf (o) der Anfangsrichtung zurückgeführt	Mittel der wiederholten Messungen	Bemerkungen
		Nonius I	Nonius II	Mittel	"	Nonius I	Nonius II	Mittel	"	9	10	11			
⊙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 40 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					
⊙2	⊙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					
⊙3	⊙2	15 20 00	20 20 20	20 10	195 20 00	20 20 20	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 12	12 10	220 12 00	12 20 12	12 10	40 12 10	0	00 00					
⊙4	⊙5	327 23 00	23 20 23	23 10	147 23 00	23 20 23	23 10	327 23 10	287	11 00					
⊙5	⊙4	54 16 00	16 20 16	16 10	234 16 20	16 40 16	16 30	54 16 20	0	00 00					
⊙6	⊙6	169 00 40	01 00 00	00 50	349 01 00	01 20 01	01 10	169 01 00	114	44 40					
⊙10	⊙10	304 53 40	54 00 53	53 50	124 54 00	54 20 54	54 10	304 54 00	250	37 40					
⊙6	⊙5	65 27 20	27 40 27	27 30	245 27 20	27 40 27	27 30	65 27 30	0	00 00					
⊙7	⊙7	354 28 20	28 40 28	28 30	174 28 40	29 00 28	28 50	354 28 40	289	01 10					
⊙7	⊙6	100 25 00	25 20 25	25 10	280 25 20	25 40 25	25 30	125 25 20	0	00 00					
⊙8	⊙8	308 46 00	46 20 46	46 10	128 46 20	46 40 46	46 30	308 46 20	208	21 00					
⊙8	⊙7	95 27 20	27 40 27	27 30	275 27 20	27 40 27	27 30	95 27 30	0	00 00					
⊙9	⊙1	346 34 00	34 00 34	34 00	166 34 00	34 00 34	34 00	346 34 00	251	06 30					
⊙9	⊙2	151 17 00	17 20 17	17 10	331 17 00	17 20 17	17 10	151 17 10	0	00 00					
⊙10	⊙10	293 27 40	28 00 27	27 50	113 27 40	28 00 27	27 50	293 27 50	142	10 40					
⊙9	⊙9	23 15 00	15 20 15	15 10	203 15 20	15 40 15	15 30	23 15 20	0	00 00					
⊙5	⊙5	200 40 40	41 00 40	40 50	20 40 40	41 00 40	40 50	200 40 50	177	25 30					

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

Polygonseitenmessung:

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

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

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

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

Fig. 227.

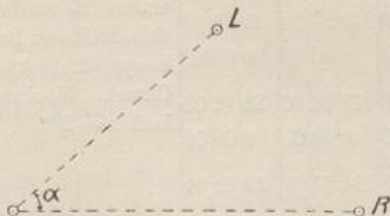
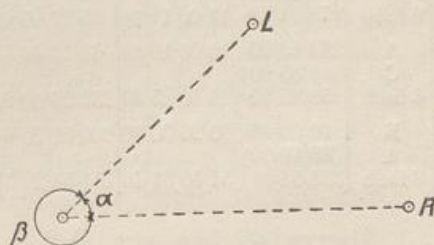


Fig. 228.



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

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

Wäre nach Figur 228:

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

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

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

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

Winkelbuch für Repetitionsmessung.

(Zu Fig. 147).

Standpunkt	Zielpunkt	Erste Fernrohrlage			Zweite Fernrohrlage			Mittel aus Spalte 5 u. 8	Auf 0° 0' 0'' der Anfangsrichtung zurückgeführt	Mittel der wiederholten Messungen	Bemerkungen
		Nonius I	Nonius II	Mittel	Nonius I	Nonius II	Mittel				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	C	25 17 00	17 00	17 00	205 17 40	17 20	17 30	25 17 15	0 00 00	0 00 00	Beobachtet mit einem Repetitions-theodolit von Breithaupt & Sohn in Cassel. Noniuseinheit a = 20''
	B	(66 56 00)									
	6 fach	275 11 20	11 00	11 10	95 12 00	12 00	12 00	275 11 35	249 54 20	41 39 03	
B	A	244 13 20	13 00	13 10	64 13 40	14 00	13 50	244 13 30	0 00 00	0 00 00	
	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° hinzuge-rechnet werden muß. Für Punkt B des Dreiecks (Fig. 147) ist z. B. die ungefähre Winkelgröße $333^{\circ} - 244^{\circ} = 89^{\circ}$; das „6fache“ von 89° gibt 534° , da-raus folgt, daß zu dem nach Spalte 10 erhaltenen Winkelwerte $175^{\circ} 12' 20''$ ein Vollkreis = 360° zu addieren ist. Aus $\frac{175^{\circ} 12' 20'' + 360^{\circ}}{6} = \frac{535^{\circ} 12' 20''}{6}$ erhält man den endgültigen Wert zu $89^{\circ} 12' 03''$ der Spalte 11.