

aufgestellten Maßstab abliest. Werden dabei zwei verschiedene Ablesungen a_1 und a_2 gemacht, so liegt die Zielachse nicht parallel zu den beiden Libellenachsen, also bei einspielender Libelle nicht horizontal; da die horizontale Lage der Zielachse durch die Ablesung $a = \frac{a_1 + a_2}{2}$ bestimmt ist, so stellt man diese ein und bringt die dann ausschlagende Libelle wieder zum Einspielen mit Hilfe ihrer Berichtigungsvorrichtung B . Das Einspielen der Libelle vor der Ausführung der Ablesungen a_1 und a_2 , sowie das Einstellen der Ablesung a erreicht man bei festgeklebtem Fernrohr mit Benutzung der Feinbewegungsschraube des Fernrohrs.

Ist dafür gesorgt, daß die Zielachse parallel zur Achse der Fernrohrlibelle liegt, so läßt man diese scharf einspielen und stellt dann mit der auf die Nonienlibelle wirkenden Feinbewegungsschraube S (Abb. 42 b) die Ablesung 0° mit dem Nonius ein; schlägt die Nonienlibelle jetzt aus, so bringt man sie mit ihrer Berichtigungsschraube zum Einspielen.

c) Wird der Tachymetertheodolit zur **Höhenmessung durch Nivellieren** verwendet, so muß er mit einer Fernrohr- oder Nivellierlibelle (Abb. 42 c) ausgerüstet sein, mit deren Hilfe die Zielachse horizontal gelegt werden kann; es muß dann die Zielachse parallel zu den beiden Achsen der Fernrohrlibelle liegen. Die Untersuchung dieser Anforderung geschieht in der vorhin angegebenen Weise (Abb. 47).

3. Die Messung von Horizontalwinkeln.

Bei der Messung von Horizontalwinkeln kann man zwei Verfahren unterscheiden; bei dem einen mißt man jeden Winkel nur einmal oder in einer Fernrohrlage, bei dem anderen mißt man jeden Winkel zweimal, und zwar in jeder der beiden möglichen Fernrohrlagen je einmal.

Jeder Winkelmessung voraus geht die Aufstellung des Theodolits in oder über dem auf dem Boden gegebenen Scheitelpunkt des zu messenden Winkels. Der Theodolit ist richtig aufgestellt, wenn seine mittels der Libelle vertikal gestellte und mit einem angehängten Schnurlot nach unten verlängerte Umdrehungsachse durch den Punkt geht. Liegt der Aufhängepunkt des Schnurlotes in der Höhe der Fußschrauben (Abb. 41 b), so kann man sofort genau „zentrieren“ und dann „horizontieren“; liegt der Aufhängepunkt tiefer (Abb. 41 a), so erreicht man die richtige Aufstellung durch mehrmaliges Zentrieren und Horizontieren.

a) Die **Winkelmessung in nur einer Fernrohrlage** setzt voraus, daß die Instrumentalfehler so klein sind, daß ihr Einfluß für den in Frage kommenden Zweck vernachlässigt werden kann; bei ihr müssen demnach der Umdrehungsachsenfehler, der Zielachsenfehler und der Kippachsenfehler vor der Messung weggeschafft bzw. genügend klein gemacht werden, und außerdem muß vom Mechaniker aus das Instrument so gebaut sein, daß der Alhidadenexzentrizitätsfehler und die Fehler in der Teilung des Horizontalkreises verschwindend klein sind.

Soll in einem Standpunkt S der Winkel φ gemessen werden zwischen zwei Punkten A („Punkt links“) und B („Punkt rechts“), so zielt man

der Reihe nach A und B mit dem Vertikalfaden an und macht nach jeder Zielung die Ablesung a bzw. b an dem während der Messung feststehenden¹ Horizontalkreis; der Winkel φ ist dann gleich der Differenz $b - a$. Ist das Instrument ein Repetitionstheodolit oder ein einfacher Theodolit mit von Hand drehbarem Horizontalkreis, so kann man den Kreis so einstellen, daß die der Zielung nach A entsprechende Ablesung a genau gleich 0° ist; die Ablesung b stellt dann unmittelbar den Winkel φ vor.

b) Bei der Winkelmessung in zwei Fernrohrlagen werden der Zielachsenfehler, der Kippachsenfehler und der Alhidadenexzentrizitätsfehler durch die Anordnung der Messung unschädlich gemacht; da dies beim Umdrehungsachsenfehler nicht in einfacher Weise erreichbar ist, so hat man vor der Messung dafür Sorge zu tragen, daß die Umdrehungsachse senkrecht zur Libellenachse und damit bei einspielender Libelle vertikal steht. Der Einfluß eines Exzentrizitätsfehlers der Alhidade läßt sich auch dadurch unschädlich machen, daß man nach jeder Zielung an zwei, einander gegenüberliegenden Stellen des Teilkreises abliest; die Benutzung von zwei, rund 180° auseinander liegenden Ablesvorrichtungen dient außerdem zur Erhöhung der Genauigkeit der Messung.

Man kann bei der Messung von Horizontalwinkeln zwei Arten unterscheiden; es sind dies die richtungsweise Winkelmessung und die repetitionssweise Winkelmessung.

α) Die richtungsweise Winkelmessung oder Winkelmessung aus Richtungen kommt dann in Frage, wenn in einem Standpunkt die Winkel zwischen mehr als zwei Zielpunkten zu messen sind. Die Messung besteht darin, daß man bei feststehendem bzw. festgeklammtem Teilkreis die Zielpunkte von links nach rechts — der Bezifferung des Teilkreises entsprechend im Uhrzeigersinn — der Reihe nach anzielt und nach jeder Zielung die Ablesungen an beiden Ablesvorrichtungen macht; hierauf schlägt man das Fernrohr durch und wiederholt die Zielungen und Ablesungen in der zweiten Fernrohrlage in umgekehrter Reihenfolge. Eine derartige Messung heißt ein Satz; das Verfahren wird daher auch als satzweise Winkelmessung bezeichnet.

Bei der Messung eines Satzes beginnt man mit demjenigen Zielpunkt, der am schärfsten angezielt werden kann. Hat der Theodolit einen drehbaren Horizontalkreis, so sorgt man mit Rücksicht auf die Übersichtlichkeit und die Rechnung dafür, daß bei der Zielung nach dem ersten Punkt die Ablesung an der ersten Ablesvorrichtung zwischen 0° und 10° liegt. Während der Messung des Satzes muß die Lage des Teilkreises dieselbe bleiben; eine Sicherung hierfür erhält man dadurch, daß man nach jedem Halbsatz den zuerst angezielten Punkt nochmals anzielt und die entsprechenden Ablesungen macht.

Zur Erhöhung der Genauigkeit mißt man im allgemeinen mehrere Sätze; damit man nicht bei jedem Satz ungefähr dieselben Ablesungen

¹ Beim einfachen Theodolit (Abb. 41a) steht der Kreis ohne weiteres fest; beim Repetitionstheodolit (Abb. 41 b) muß er mit der Klemmschraube des Limbus festgehalten werden.

erhält, und mit Rücksicht auf etwa vorhandene Teilungsfehler des Kreises ändert man zwischen je zwei Sätzen bei der Messung von n Sätzen die Lage des Teilkreises um $\frac{180^\circ}{n}$. Dies setzt aber einen drehbaren Teilkreis voraus. Zwischen je zwei Sätzen hat man die Aufstellung

Richtungsweise Winkelmessung.									
Datum: 1929, Juli 29.					Bemerkungen: Zum Polygonnetz von A.				
Wetter: ruhig, bewölkt.									
Instrument: 57.									
Standpunkt	Satz	Zielpunkt	1. Fernrohrlage			2. Fernrohrlage			Gesamt-Mittel
			Nonius 1	No. minus 2	Mittel	Nonius 1	No. minus 2	Mittel aus beiden Fernrohrlagen	
A	1.	B	0 11 30	11 00	11 15	180 12 00	12 00	0 11 38	0 00 00
		C	29 45 00	45 00	45 00	209 45 30	45 45	29 45 19	29 33 41
		D	314 56 30	56 30	56 30	134 57 00	57 00	314 56 45	314 45 07
		E	345 12 30	12 30	12 30	165 13 30	13 30	345 13 00	345 01 22
2.		B	90 05 30	05 15	05 23	270 05 00	05 00	90 05 12	0 00 00
		C	119 39 00	39 00	39 00	299 38 30	38 30	119 38 45	29 33 37
		D	44 50 15	50 15	50 15	224 50 00	50 00	404 50 08	314 44 56
		E	75 07 00	06 30	06 45	255 06 00	06 30	435 06 30	345 01 18

des Theodolits mit dem angehängten Schnurlot und die Stellung der Umdrehungsachse mit der Libelle nachzusehen und wenn notwendig zu verbessern. Während der Messung eines Satzes darf man die Stellung der Umdrehungsachse nicht verändern, die Fußschrauben also nicht berühren.

Zur Aufschreibung und Berechnung der Messung verwendet man einen Vordruck von der obenstehenden Art. Bei der richtungsweisen

Winkelmessung berechnet man im allgemeinen nicht einzelne Winkel, sondern Richtungen; diese bezieht man dabei meist auf die Richtung nach dem ersten Zielpunkt, die dann die Anfangs- oder Nullrichtung vorstellt.

β) Die repetitionsweise Winkelmessung kommt insbesondere dann zur Anwendung, wenn einzelne Winkel mit großer Genauigkeit zu messen sind und die Genauigkeit der Ablesevorrichtungen des Teilkreises eine geringe ist. Die Messung besteht darin, daß man den zu bestimmenden Winkel mehrmals, und zwar in jeder Fernrohrlage gleich oft mißt und dabei nur die der ersten Zielung nach dem einen Punkt und die der letzten Zielung nach dem anderen Punkt entsprechenden zwei Ablesungen an dem Horizontalkreis macht.

Die Messung beginnt mit der Anzielung des links gelegenen Punktes *L* mit Benutzung der Klemm- und Feinbewegungsschraube vom Limbus;

Repetitionsweise Winkelmessung.

Standpunkt: <i>A</i>	Zielpunkt	Anzahl der Mess.	Nonius 1			Nonius 2		
			°	'	''	°	'	''
	<i>L</i>	0	0	00	00	180	00	30
	<i>R</i>	1	74	23	—	—	—	—
		6	86	19	30	266	19	30
	Differenz		86	19	30	86	19	00
	Mittel 6 facher Winkel		446° 19' 15''					
	Einfacher Winkel		74° 23' 13''					

nach der Ablesung an beiden Ablesevorrichtungen wird bei feststehendem Teilkreis mit Hilfe der Klemm- und Feinbewegungsschraube der Alhidade der rechts gelegene Punkt *R* angezielt. Um für die Zwecke der späteren Rechnung die Größe des zu messenden Winkels genähert zu kennen, macht man jetzt — als einzige Zwischenablesung — auf ganze Minuten genau die Ablesung an der ersten Ablesevorrichtung. Bei festgeklemmter Alhidade, so daß die Ablesungen am Teilkreis sich nicht ändern, zielt man nun wieder mit Hilfe der Limbusschrauben den Punkt *L* an; hierauf wird bei festgeklemmtem Limbus der Punkt *R* mittels der Alhidadenschrauben angezielt und damit der Winkel zum zweitenmal gemessen. Soll der Winkel $2n$ mal gemessen werden, so wird er in der ersten Fernrohrlage n mal in der angegebenen Weise — Anzielen des Punktes $\begin{Bmatrix} L \\ R \end{Bmatrix}$ mit den Schrauben $\begin{Bmatrix} \text{des Limbus} \\ \text{der Alhidade} \end{Bmatrix}$ — gemessen; sodann wird das Fernrohr durchgeschlagen und der Winkel in der zweiten Fernrohrlage in derselben Weise ebenfalls n mal gemessen. Nach der letzten Anzielung des Punktes *R* werden an den zwei Ablesevorrichtungen die entsprechenden Ablesungen gemacht.

Mit Rücksicht auf die Übersichtlichkeit bei der Messung und die Bequemlichkeit bei der Rechnung empfiehlt es sich, vor der ersten Zielung nach dem Punkt *L* die Alhidade so zum Limbus (Teilkreis)

einzustellen, daß die Ablesung an der ersten Ablesevorrichtung genau gleich $0^{\circ} 00' 00''$ ist¹; die zweite Ablesevorrichtung ist aber trotzdem abzulesen.

Für die Aufschreibung und Rechnung verwendet man einen Vordruck der umstehenden Art. Bei der Rechnung tritt häufig der Fall ein, daß man zu der Differenz zwischen der Endablesung und der Anfangsablesung ein Vielfaches von 360° addieren muß; ob und wie weit dies notwendig ist, zeigt die Größe des einfachen Winkels.

Da man bei der Ausführung der Ablesungen den Teilkreis (Limbus) mit der festgeklebten Alhidade beliebig drehen kann, also nicht um das Instrument herum gehen muß, so eignet sich die repetitionsweise Winkelmessung besonders auch für solche Fälle, bei denen ein Herumgehen um das Instrument nicht möglich oder nicht erwünscht ist.

4. Die Messung von Vertikalwinkeln.

Bei der Messung von Vertikalwinkeln² kann man zwei Verfahren unterscheiden; bei dem einen mißt man jeden Winkel nur in einer Fernrohrlage oder einmal, bei dem andern mißt man jeden Winkel in beiden Fernrohrlagen, also zweimal.

a) Die Winkelmessung in einer Fernrohrlage erfordert eine Fernrohrlibelle (Abb. 42c) — am besten in Form einer Doppellibelle —, deren Achsen parallel zur Zielachse des Fernrohres liegen müssen. Bei der Messung (Abb. 48) zielt man bei vertikal gestellter Umdrehungsachse

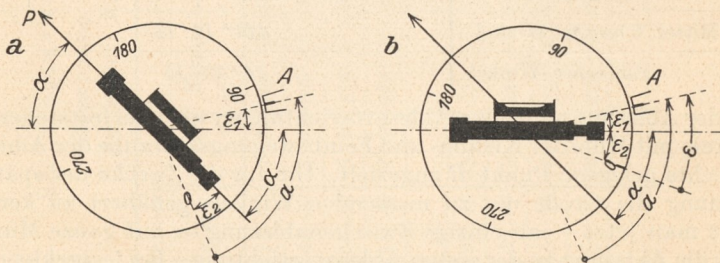


Abb. 48. Vertikalwinkelmessung in einer Fernrohrlage.

den in Frage kommenden Punkt P mit dem Horizontalfaden an und macht an der Ablesevorrichtung A — bei der Messung in nur einer Fernrohrlage genügt die Ablesung an nur einer Ablesevorrichtung — die Ablesung a ; hierauf legt man die Zielachse mit Hilfe der Fernrohrlibelle horizontal und macht die zugehörige Ablesung ε . Den zu messenden Vertikalwinkel α erhält man dann aus $\alpha = a - \varepsilon$, wobei $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$. Für die Messung ist es bequem, wenn die den Fehler der Nullmarke vorstellende Ablesung ε gleich Null ist, so daß die Ablesung a unmittelbar den Vertikalwinkel α vorstellt. Der Fehler ε ist gleich Null, wenn bei einspielender Fernrohrlibelle (Abb. 42c) und einspielender Nonien- oder

¹ Bei der richtungsweisen Winkelmessung ist dies nicht zu empfehlen.

² Der Vertikalwinkel einer nicht horizontalen Geraden (Zielung) ist der Winkel zwischen der Geraden und ihrer Horizontalprojektion.