

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

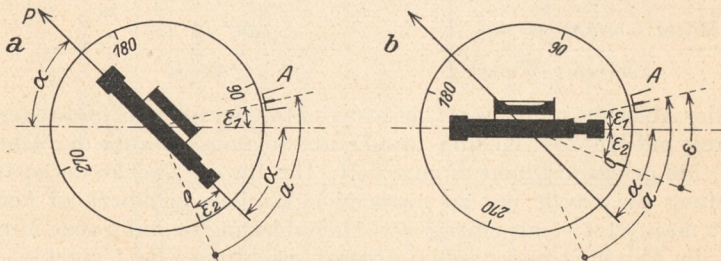


Abb. 48. Vertikalwinkelmessung in einer Fernrohrlage.

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.

Mikroskoplible (Abb. 42b) die Ablesung gleich Null ist. Da auch während der Ablesung von a der Fehler ε der Nullmarke gleich Null sein muß, so muß die Nonienlibelle vor der Ablesung von a mit Hilfe der Schraube S (Abb. 42b) zum Einspielen gebracht werden; hierfür ist es bequem, wenn die Umdrehungsachse des Instruments gut vertikal, also senkrecht zur Achse der Alhidadenlibelle steht. Ist — wie in den meisten Fällen — das Instrument mit einer Alhidaden-, einer Nonien- und einer Fernrohrlibelle versehen, und will man dafür sorgen, daß der Nullmarkenfehler gleich Null ist, so stellt man zuerst die Umdrehungsachse senkrecht zur Achse der Alhidadenlibelle (Abb. 42a) und mit dieser vertikal; sodann macht man in der oben angegebenen Weise (Abb. 47) die Achsen der Fernrohrlibelle parallel zur Zielachse. Läßt man jetzt die Fernrohrlibelle mit der Feinbewegungsschraube des Fernrohrs einspielen und stellt man mit der Feinbewegungsschraube S der Nonienlibelle (Abb. 42b) die Ablesung $0^\circ 00' 00''$ ein, so muß die Nonienlibelle einspielen; ist dies nicht der Fall, so bringt man sie mit Hilfe ihrer Berichtigungsvorrichtung zum Einspielen.

Bei Vertikalwinkelmessungen für Geländeaufnahmen genügt im allgemeinen eine Genauigkeit von einer Minute; als Ablesevorrichtung für den Vertikalkreis empfiehlt sich daher das Strichmikroskop im Zusammenhang mit einer $\frac{1}{6}$ Gradteilung, so daß man durch Schätzung auf ganze Minuten genau ablesen kann.

b) Die **Winkelmessung in zwei Fernrohrlagen** ist am einfachsten mit einer Nonienlibelle; zweckmäßig ist es, wenn neben dieser noch eine Alhidadenlibelle vorhanden ist. Bei der Messung zielt man bei vertikal stehender Umdrehungsachse in der ersten Fernrohrlage — z. B. mit „Kreis links“ — den Punkt P (Abb. 49), nach dem der Vertikalwinkel α

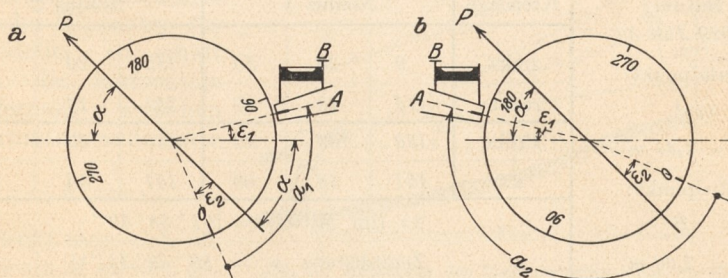


Abb. 49. Vertikalwinkelmessung in zwei Fernrohrlagen.

gemessen werden soll, mit dem Horizontalfaden an und liest an beiden Ablesevorrichtungen ab; hierauf schlägt man das Fernrohr durch, zielt den Punkt P — mit „Kreis rechts“ — wieder an und liest an beiden Ablesevorrichtungen ab. Vor der Ausführung der Ablesungen — aber nach der Zielung — muß die Nonienlibelle nachgesehen und erforderlichenfalls mit ihrer Feinbewegungsschraube zum Einspielen gebracht werden.

Sind ε_1 der — mit Rücksicht auf die während der Ablesung einspielende Nonienlibelle — unveränderliche Winkel zwischen der Horizontalen durch den Kreismittelpunkt und dem Halbmesser nach der

Nullmarke A der Ablesevorrichtung, ε_2 der unveränderliche Winkel zwischen dem Halbmesser nach dem Nullpunkt der Kreisteilung und der Projektion der Zielachse in die Teilkreisebene und a_1 bzw. a_2 die den beiden Fernrohlagen entsprechenden Ablesungen an der einen Ablesevorrichtung, so bestehen die Gleichungen

$$a_1 = \alpha + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad \text{und} \quad a_2 = 180^\circ - \alpha + \varepsilon_1 + \varepsilon_2. \quad (1)$$

Durch Subtrahieren dieser Gleichungen erhält man

$$a_2 - a_1 = 180^\circ - 2\alpha \quad \text{oder} \quad a_2 - a_1 = 2z,$$

also

$$z = \frac{a_2 - a_1}{2}, \quad \text{wobei} \quad z = 90^\circ - \alpha. \quad (2)$$

Durch Addieren der Gleichungen (1) ergibt sich

$$a_1 + a_2 = 180^\circ + 2(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \quad (3)$$

und

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{a_1 + a_2}{2} - 90^\circ.$$

Die Summe ($\varepsilon_1 + \varepsilon_2$) der beiden Winkel ε_1 und ε_2 heißt Nullmarkenfehler; bleiben ε_1 und ε_2 unverändert — eine Veränderung von ε_1 kann mit Hilfe der Berichtigungsschraube B der Nonienlibelle hervorgerufen werden, eine solche von ε_2 durch Verschieben der Fadenkreuzplatte des Fernrohrs —, so erhält man mit der Summe ($a_1 + a_2$) insofern eine Probe, als diese bei der Messung verschiedener Winkel dieselbe sein muß.

Messung von Vertikalwinkeln in zwei Fernrohlagen.

Datum:	Kreislage	Nonius 1			Nonius 2		
1929 Juli 30		°	'	''	°	'	''
Standpunkt:	links	9	20	30	189	20	00
A	rechts	171	18	30	351	19	00
$i = 1,47\ m$	Probe	180	39	00	180	39	00
Zielpunkt:	$2z$	161	58	00	161	59	00
B	$2z$ (im Mittel) = $161^\circ 58' 30''$						
$z = 2,00\ m$	Zenitdistanz $z = 80^\circ 59' 15''$						
	Vertikalwinkel $\alpha = 9^\circ 00' 45''$						

Bei der Vertikalwinkelmessung in zwei Fernrohlagen liest man an zwei Ablesevorrichtungen ab; sind a'_1 und a'_2 die der zweiten entsprechenden Ablesungen, so gelten die Gleichungen

$$z = \frac{a'_2 - a'_1}{2} \quad \text{und} \quad \varepsilon'_1 + \varepsilon_2 = \frac{a'_1 + a'_2}{2} - 90^\circ.$$

Für die Aufschreibung der Ablesungen und die Ausführung der Rechnung verwendet man einen Vordruck der vorstehenden Art. Bei der Berechnung von $2z$ als Differenz der den beiden Fernrohlagen

entsprechenden Ablesungen a_1 und a_2 hat man zu beachten, daß bei einem $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{Höhen-} \\ \text{Tiefen-} \end{smallmatrix} \right\}$ Winkel $2z$ $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{kleiner} \\ \text{größer} \end{smallmatrix} \right\}$ als 180° sein muß; hieraus ergibt sich, ob man a_1 von a_2 — wie bei der oben angenommenen Art der Bezifferung — oder a_2 von a_1 subtrahieren muß, um $2z$ zu erhalten.

Soll zur Erhöhung der Genauigkeit ein Vertikalwinkel mehrmals gemessen werden, so verändert man zwischen je zwei Messungen den Nullmarkenfehler mit Hilfe der Berichtigungsschraube der mit den Ablesevorrichtungen verbundenen Libelle; die Ablesungen sind dann bei jeder neuen Messung andere.

5. Die Messung von Strecken und Höhenunterschieden mit dem Tachymetertheodolit.

Soll die Entfernung zwischen zwei Punkten mit dem Fadenentfernungsmesser des Tachymetertheodolits bestimmt werden, so stellt man in dem einen Punkt den Theodolit und in dem andern eine „Tachymeterlatte“ vertikal auf und liest an dieser den durch die beiden entfernungsmessenden Fäden bestimmten Lattenabschnitt lab ; für den Fall, daß die Zielung über den mittleren Horizontalfaden horizontal liegt oder senkrecht zu der Latte steht, erhält man — wie früher gezeigt wurde — die Entfernung E aus $E = k_0 l \pm \Delta E$, wobei k_0 eine runde Zahl, z. B. gleich 100, und ΔE einem zu dem Instrument gehörigen Täfelchen zu entnehmen ist. Bildet die durch den mittleren Horizontalfaden bestimmte Zielachse mit der Horizontalen den Vertikalwinkel α (Abb. 50) und ist E' die schiefe Entfernung zwischen der Mitte M des Lattenabschnitts und der Kippachse des Theodolits, so erhält man die horizontale Entfernung e zwischen Instrument und Latte aus

$$e = E' \cos \alpha.$$

Denkt man sich die Latte um M so weit gedreht, bis sie senkrecht zur Zielung über den Mittelfaden steht, und bezeichnet man den Abschnitt zwischen den beiden entfernungsmessenden Fäden an der schiefstehenden Latte mit l' , so ist

$$E' = k_0 l' \pm \Delta E.$$

Beachtet man, daß $l' \approx l \cos \alpha$ ist, so erhält man

$$E' = k_0 l \cos \alpha \pm \Delta E$$

und damit

$$e = k_0 l \cos^2 \alpha \pm \Delta E \cos \alpha.$$

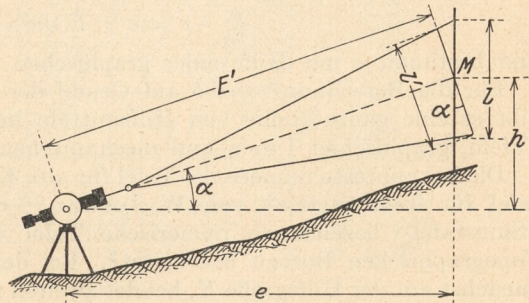


Abb. 50. Benutzung des Tachymetertheodolits zur Messung von Strecken und Höhenunterschieden.