

Die mit dem Instrument erreichbare Genauigkeit kann man bei der Messung von kürzeren, etwa bis 150 m langen Strecken dadurch erhöhen, daß man in der Gleichung $e = kl$ unter Ausnutzung der ganzen Länge der Latte L die Konstante k möglichst klein oder den Lattenabschnitt l möglichst groß macht; dies erfordert aber zwei Fernrohereinstellungen. Der Vorgang bei der Messung besteht darin, daß man den Horizontalfaden des Fernrohrs zunächst genähert auf das untere Lattenende und sodann genau auf den nächstgelegenen Strich der Skala S einstellt; hierauf stellt man genähert das obere Lattenende und dann genau den nächstgelegenen Strich von S mit dem Horizontalfaden ein. Sind s_1 und s_2 die Werte der beiden eingestellten Striche der Skala S und l der den beiden Einstellungen des Horizontalfadens entsprechende Lattenabschnitt, so ergibt sich die horizontale Entfernung e aus

$$e = \frac{a}{s_2 - s_1} l \quad \text{oder} \quad e = kl, \quad \text{wenn} \quad k = \frac{a}{s_2 - s_1}.$$

Der Abstand a und die Skala S sind derart, daß k in jedem Fall eine runde Zahl ist. Nimmt man an, daß man mit dem 30fach vergrößernden Fernrohr den Lattenabschnitt l mit einem mittleren Fehler von $\pm 0,001$ m bestimmen kann, so beträgt bei einer auf 3 m ausgenutzten Latte der mittlere Fehler von e bei $e = 150$ m rund ± 5 cm, bei $e = 100$ m rund ± 3 cm und bei $e = 50$ m rund ± 2 cm. Der Tachymeter von J. Szepessy kann demnach auch zur Messung der Strecken bei Polygonzügen verwendet werden.

C. Der Meßtisch mit der Kippregel.

Der Meßtisch mit der Kippregel findet hauptsächlich Verwendung bei tachymetrischen Punktbestimmungen für die Zwecke von topographischen Aufnahmen. Der Unterschied zwischen der Festlegung eines Punktes mit dem Meßtisch und der mit dem Tachymetertheodolit besteht darin, daß die Richtung beim Meßtisch in der Zeichnung — graphisch — und beim Tachymetertheodolit in Zahlen — numerisch — festgelegt wird.

1. Der Bau des Meßtisches und der Kippregel.

Der Meßtisch (Abb. 54) besteht aus dem Stativ, dem Fußgestell und der etwa 60 auf 60 cm großen Holzplatte P . Der untere, die drei Fuß- oder Stellschrauben F tragende Teil des Fußgestelles geht nach oben in eine Büchse über, in der der obere Teil mit einem Zapfen drehbar ist. Die Platte P ist mit Hilfe von drei, von Hand lösbaren Schrauben S mit dem oberen Teil des Fußgestells verbunden. Zur Festhaltung einer bestimmten Stellung der Platte P ist eine Klemmschraube K vorhanden, die mit einer Feinbewegungsschraube zur genauen Einstellung der Platte verbunden ist. Die Befestigung des Fußgestells auf dem Stativ ge-

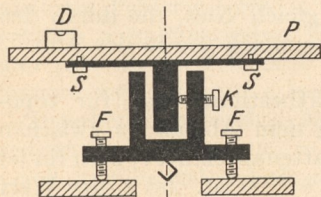


Abb. 54. Meßtisch.

schiebt in derselben Weise wie beim Theodolit entweder mit einem Stengelhaken mit Spiralfeder oder besser mit einer auf eine Fußplatte wirkenden Schraube. Die Horizontallegung der Platte *P* mittels der Fußschrauben *F* geschieht mit Benutzung einer lose aufsetzbaren, meist nicht zum Berichtigen eingerichteten Dosenlibelle *D*.

Die Kippregel (Abb. 55) besteht aus dem etwa 60 cm langen, an seiner einen Kante abgeschrägten Metallineal *A*, dem ein- oder zweiarmligen Kippachsenträger *B*, der Kippachse *C*, dem Fernrohr *D* und dem Vertikalkreis *E*. Libellen sind am besten vier vorhanden, eine auf dem Lineal sitzende Querlibelle *F*, eine Reitlibelle *G* zum Aufsetzen auf die Kippachse *C*, eine Libelle *H* auf dem Fernrohr und eine mit

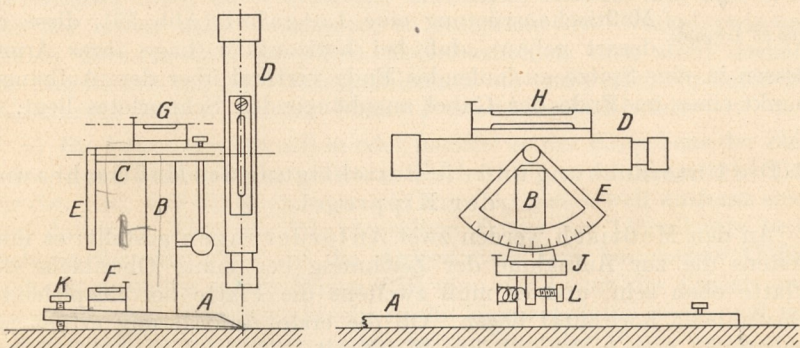


Abb. 55. Kippregel.

der Ablesevorrichtung des Vertikalkreises verbundene Libelle *J*; jede der Libellen ist mit einer Berichtigungsvorrichtung versehen. Die genaue Horizontallegung der Kippachse *C* während der Messung auf der mit der Dosenlibelle genähert horizontierten Meßtischplatte geschieht auf Grund der Libelle *F* mit Hilfe der Schraube *K*. Die Reitlibelle *G* wird nur zum Untersuchen und Berichtigen des Instruments benutzt. Die Fernrohrlibelle *H* ist mit Rücksicht auf die Untersuchung am besten eine Doppellibelle. Die Nonienlibelle *J* kann mit Hilfe einer besonderen Schraube *L* zum Einspielen gebracht werden.

Das — mit Rücksicht auf die Untersuchung der Kippregel — zum Durchschlagen eingerichtete Fernrohr ist mit einem Fadenentfernungsmesser mit der Multiplikationskonstanten gleich 100 ausgerüstet.

Eine bestimmte Lage des Fernrohrs wird mit einer Klemmschraube festgehalten; das festgeklebte Fernrohr kann mit Hilfe einer Feinbewegungs- oder Kippschraube um kleine Beträge geneigt werden.

Der Vertikalkreis *E* ist wie beim Theodolit fest mit dem Fernrohr verbunden, so daß er beim Kippen des Fernrohrs dessen Bewegungen mitmacht. Da für die mit der Kippregel zu messenden Vertikalwinkel eine Genauigkeit von einer Minute im allgemeinen ausreicht, so mißt man mit der Kippregel die Vertikalwinkel nur in einer Fernrohrlage und liest dabei nur an einer Stelle des Vertikalkreises ab, der deshalb

nicht als Vollkreis ausgebildet sein muß. Als Ablesevorrichtung findet man meist den Nonius; doch ist auch hier — wie beim Tachymetertheodolit — das Strichmikroskop zu empfehlen.

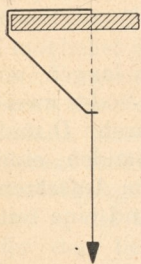


Abb. 56. Lotgabel.

Zum Einrichten der Meßtischplatte mit Hilfe der magnetischen Nordrichtung ist der Meßtischausrüstung meist eine Bussole in Gestalt einer Strich- oder Kastenbussole beigegeben; in allgemeinen ist diese fest mit dem Lineal verbunden.

Vielfach ist der Meßtisch so aufzustellen, daß ein an einer bestimmten Stelle der horizontalen Meßtischplatte liegender Punkt vertikal über dem ihm in der Natur entsprechenden Punkt liegt. Für diesen Zweck befindet sich bei der Meßtischausrüstung eine Lotgabel (Abb. 56); diese ist derart gebaut, daß bei horizontaler Lage ihres Armes dessen in eine Spitze auslaufendes Ende vertikal über dem Aufhängepunkt eines im Ende der Gabel anzuhängenden Schnurlotes liegt.

2. Die Untersuchung und die Berichtigung des Meßtisches und der Kippregel.

An den Meßtisch werden zwei Anforderungen gestellt; es muß erstens die zur Aufnahme der Zeichnung bestimmte Oberfläche der Platte eben sein, und es muß zweitens die Platte bei einspielender Dosenlibelle horizontal liegen. Ob die erste Anforderung erfüllt ist, untersucht man in der üblichen Weise mit Hilfe der Kante eines guten Lineals. Die Dosenlibelle untersucht man in der früher angegebenen Weise, wobei man sie mit den Fußschrauben einspielen läßt und dann um 180° umsetzt; sollte sich darauf ein Ausschlag zeigen, so entspricht er dem doppelten Libellenfehler, der durch entsprechendes Abschleifen der Aufsatzfläche der Libelle zu beseitigen wäre.

Bei den an die Kippregel zu stellenden Anforderungen hat man insofern zwei Arten zu unterscheiden, als die Kippregel zur Festlegung von horizontalen Richtungen und zur Messung von Vertikalwinkeln Verwendung findet.

a) Bei einer zur Festlegung von horizontalen Richtungen aufgestellten Kippregel muß die Zielachse beim Kippen des Fernrohrs eine Vertikalebene beschreiben; daraus ergeben sich die folgenden Einzelanforderungen:

α) Die Achse der Reitlibelle G muß parallel sein zur Kippachse C , so daß diese bei einspielender Libelle horizontal liegt. Die auf diese Anforderung sich beziehende Untersuchung geschieht in der Weise, daß man die Reitlibelle mit der Schraube K scharf einspielen läßt und dann die Libelle umsetzt; zeigt sich dabei ein Ausschlag, so entspricht er dem doppelten Libellenfehler und wird deshalb zur Hälfte mit der Schraube K und zur Hälfte mit der Berichtigungsvorrichtung der Reitlibelle weggeschafft. Spielt die untersuchte und erforderlichenfalls berichtigte Reitlibelle ein, so muß auch die Querlibelle F auf dem Lineal einspielen; ist dies nicht der Fall, so bringt man sie mit ihrer Berichti-

gungsvorrichtung zum Einspielen. Die Horizontallegung der Kippachse erfolgt dann beim Gebrauch der Kippregel mit Hilfe der Lineallibelle F .

β) Die Zielachse des Fernrohrs muß senkrecht stehen zur Kippachse. Bei der Untersuchung, ob diese Anforderung erfüllt ist, zielt man einen mindestens 100 m entfernten, in ungefähr derselben Höhe wie die Kippregel liegenden Punkt P bei horizontaler Kippachse an und zeichnet die durch die Linealkante bestimmte Gerade; hierauf schlägt man das Fernrohr durch, dreht die Kippregel um einen durch eine Nadel bezeichneten, am Rande der Meßtischplatte gelegenen Punkt um rund 180° und zielt den zuvor benutzten Punkt P bei horizontaler Kippachse wieder an. Zeichnet man die der zweiten Zielung entsprechende, durch die Linealkante bestimmte Gerade, und fällt diese mit der ersten nicht zusammen, so entspricht der Winkel zwischen beiden Geraden dem doppelten Zielachsenfehler; man stellt deshalb die Linealkante auf die Winkelhalbierende ein und verschiebt dann das Fadenkreuz so weit, bis der Punkt P wieder angezielt ist.

γ) Die Linealkante soll in oder parallel zu der Kippebene der Zielachse liegen. Ist diese Anforderung nicht erfüllt, so ist dies unschädlich für den Fall, daß die Zielpunkte alle ungefähr gleich weit entfernt sind, und daß man stets ungefähr denselben Punkt der Linealkante beim Anlegen benutzt. Die auf die Anforderung sich beziehende Untersuchung geschieht in der Weise, daß man der Länge des Lineals entsprechend zwei Nadeln senkrecht in die Meßtischplatte steckt und mit der dadurch bestimmten Geraden bei horizontaler Platte einen etwa 100 m entfernten Punkt anzielt; legt man dann die Linealkante an die beiden Nadeln an, so zeigt ein Blick durch das Fernrohr, ob die Anforderung erfüllt ist oder nicht.

h) Bei einer zur **Messung von Vertikalwinkeln** bestimmten Kippregel soll der Fehler der Nullmarke der Ablesevorrichtung gleich Null sein; dies ist der Fall, wenn bei einspielender Nonienlibelle und horizontal liegender Zielachse die Ablesung am Vertikalkreis gleich Null ist. Hieraus ergeben sich folgende Einzelforderungen:

α) Die Zielachse muß parallel sein zu den beiden, unter sich parallelen Achsen der Fernrohrlibelle. Bei der Untersuchung dieser Anforderung liest man zunächst in der einen Fernrohrlage — mit Libelle unten — und dann in der anderen Fernrohrlage — mit Libelle oben — bei gut einspielender Libelle an einem in etwa 40–50 m Entfernung vertikal aufgestellten Maßstab ab. Sind die dabei gemachten Ablesungen a_1 und a_2 verschieden, so liegt die Zielachse nicht parallel zu den beiden Libellenachsen und demnach bei einspielender Libelle nicht horizontal.

Der horizontalen Lage der Zielachse entspricht die Ablesung $a = \frac{a_1 + a_2}{2}$; man stellt deshalb a mit Benutzung der Kippschraube des Fernrohrs am Maßstab ein und bringt die dann ausschlagende Libelle mit Hilfe ihrer Berichtigungsvorrichtung wieder zum Einspielen.

β) Liegt die Zielachse parallel zu den Achsen der Fernrohrlibelle, so läßt man diese scharf einspielen und stellt dann mit der zu der Nonien-

libelle gehörigen Feinbewegungsschraube L (Abb. 55) am Vertikalkreis die Ablesung 0° ein; schlägt die Nonienlibelle hierauf aus, so bringt man sie mit Hilfe ihrer Berichtigungsvorrichtung zum Einspielen.

3. Die Verwendung des Meßtisches mit der Kippregel.

Bei der Verwendung des Meßtisches mit der Kippregel zu tachymetrischen Punktbestimmungen müssen Richtungen festgelegt, Strecken und Vertikalwinkel gemessen und Höhenunterschiede berechnet werden.

Die Festlegung von Richtungen erfolgt unmittelbar in der Zeichnung mit Hilfe der Linealkante der Kippregel.

Die Messung der Strecken mit dem Fadenentfernungsmesser der Kippregel geschieht genau in derselben Weise wie mit dem Tachymetertheodolit. Soll die horizontale Entfernung e zwischen dem Instrument und einem Zielpunkt Z gemessen werden, so läßt man in Z eine Tachymeterlatte vertikal aufhalten und liest an ihr den durch die beiden entfernungsmessenden Fäden bestimmten Lattenabschnitt l ab; man erhält dann e aus

$$e = E \cos^2 \alpha, \quad \text{wobei} \quad E = k_0 l \pm \Delta E.$$

Dabei ist k_0 eine runde Zahl, z. B. gleich 100; ΔE ist einem zu der betreffenden Kippregel gehörigen Täfelchen zu entnehmen. Bei der Messung des Vertikalwinkels α genügt für den angegebenen Zweck die Messung in einer Fernrohrlage; dabei liest man — für den Fall, daß der Nullenmarkenfehler gleich Null ist — bei einspielender Nonienlibelle unmittelbar α ab.

Den Höhenunterschied h zwischen der Kippachse des Instruments und dem durch den Mittelfaden bestimmten Lattenpunkt findet man aus

$$h = e \operatorname{tg} \alpha$$

oder

$$h = \frac{1}{2} E \sin 2\alpha, \quad \text{wobei} \quad E = k_0 l \pm \Delta E.$$

In bezug auf die Messung von l und α , sowie die Berechnung von e und h gelten die früher beim Tachymetertheodolit angeführten Einzelheiten.

Durch die Aerotopograph G. m. b. H. wird ein nach den Angaben von R. Hugershoff gebautes, als Autotachygraph bezeichnetes Instrument¹ in den Handel gebracht; es ist dies ein meßtischartiges Instrument mit einem als stereoskopischer Entfernungsmesser mit räumlich einstellbarer Marke ausgebildeten Fernrohr. Das Instrument bietet insbesondere den Vorteil, daß in den Zielpunkten keine Latte aufgehalten werden muß; es kommt deshalb zunächst zur Festlegung von unzugänglichen Punkten in Frage.

D. Die Instrumente der Photogrammetrie.

Die in der Photogrammetrie oder Phototachymetrie benutzten Instrumente kann man einteilen in Aufnahmeinstrumente und Aus-

¹ Vgl. Werkmeister, P.: Z. Instrumentenkd 1929, 25.