

libelle gehörigen Feinbewegungsschraube L (Abb. 55) am Vertikalkreis die Ableseung 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. Huguershoff 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.

wertungsinstrumente; mit den ersteren erfolgt die Aufnahme und mit den letzteren die Auswertung von Meßbildern.

1. Die photogrammetrischen Aufnahmeinstrumente.

Die Aufnahmeinstrumente der Photogrammetrie lassen sich einteilen in Stativinstrumente und Freihandinstrumente; die ersteren werden für die Aufnahme fest aufgestellt und dienen zu Aufnahmen von der Erde aus, die letzteren werden während der Aufnahme freihändig gehalten und finden zunächst bei Aufnahmen aus Luftfahrzeugen Verwendung¹. Der wichtigste Teil von jedem Aufnahmeinstrument ist die Meßkammer.

Die Meßkammer ist eine mit einem verzeichnungsfreien Objektiv und Zentralverschluß versehene photographische Kammer, bei der die lichtempfindliche Schicht der Platte während der Aufnahme stets in demselben Abstand f vom Objektiv O (Abb. 57) liegt; das Kammer-

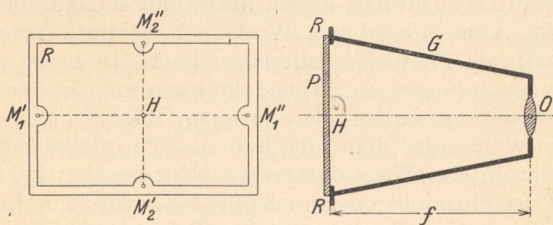


Abb. 57. Meßkammer.

gehäuse G ist deshalb starr und mit einem Rahmen R versehen, an den die Platte P vor der Aufnahme angedrückt wird. Der Anlegerahmen R und das Objektiv O sind so mit dem Gehäuse G verbunden, daß die optische Achse des Objektivs senkrecht zu der photographischen Platte P steht.

Für die Auswertung eines mit einer Meßkammer aufgenommenen Meßbildes muß man seine „innere Orientierung“ kennen. Die innere Orientierung eines Meßbildes ist bestimmt durch die Lage des hinteren Objektivhauptpunktes zur Bildebene bei der Aufnahme; man kann diese Lage auf verschiedene Arten angeben, z. B. mit Hilfe der als Bildhauptpunkt bezeichneten Projektion H des Objektivhauptpunktes auf die Bildebene oder mit Hilfe eines durch den Objektivhauptpunkt nach bestimmten Punkten des Bildes gehenden Strahlenbüschels. Bei Benutzung des Bildhauptpunktes H ist die innere Orientierung bestimmt durch die Lage dieses Punktes und die Bildweite f . Den Bildhauptpunkt H erhält man als Schnittpunkt der Verbindungsgeraden von zwei auf dem Anlegerahmen angebrachten Markenpaaren M_1 und M_2 , die bei der Aufnahme mitabgebildet werden. Die Bildweite f ist bei der vom Mechaniker auf unendlich eingestellten Kammer gleich

¹ Daß die zu Aufnahmen aus Luftfahrzeugen benutzten Instrumente nicht nur freihändig gehalten werden, sondern auch im Fahrzeug eingebaut verwendet werden, bedeutet im vorliegenden Fall keinen grundsätzlichen Unterschied.

der Brennweite des Objektivs¹. Verwendet man ein Strahlenbüschel zur Festlegung der inneren Orientierung, so ist diese z. B. bestimmt durch die Winkel im Objektivhauptpunkt zwischen dem Schnittpunkt eines Achsenkreuzes einerseits und den vier, die beiden Achsen bestimmenden Marken andererseits². Die letztere Art der Angabe der inneren Orientierung einer Kammer hat insbesondere den Vorteil, daß die Orientierungswerte auch dann unverändert bleiben, wenn die Bildplatte im Augenblick der Aufnahme am Markenrahmen nicht vollständig anliegt.

Bei Meßkammern kommen Plattengrößen zwischen 9×12 und 24×30 cm und Brennweiten zwischen 100 und 1000 mm vor; für Geländeaufnahmen von der Erde aus haben sich die Plattengröße 13×18 cm und eine Brennweite von etwa 20 cm am meisten bewährt. Bei Freihandinstrumenten werden hauptsächlich 13×18 cm große Platten und Brennweiten zwischen 15 und 25 cm verwendet.

Die Stativinstrumente haben außer der Meßkammer noch eine theodolitartige, zum Messen von Winkeln bestimmte Vorrichtung; sie werden deshalb als Phototheodolit bezeichnet. In bezug auf die Verbindung von Meßkammer und Theodolit kann man in der Hauptsache drei Bauarten unterscheiden. Bei der einen Bauart kann die Kammer mit dem Theodolit oder dem Oberbau des Theodolits oder auch nur mit dem Fernrohr des Theodolits vertauscht werden; bei der anderen Bauart wird der Theodolit oder auch nur das Fernrohr auf die Kammer gesetzt; bei der dritten Bauart geht die Zielachse des Fernrohrs durch die Kammer, wobei das Kammerobjektiv zugleich Fernrohrobjektiv sein kann oder nicht.

Unter den Stativinstrumenten gibt es solche, bei denen die Meßkammer nur mit vertikal stehender Bildebene benutzt wird, und solche, bei denen die Kammer und damit die Bildebene, z. B. für Aufnahmen in steilem Gelände, beliebig oder um bestimmte unveränderliche Beträge geneigt werden kann. In bezug auf die Bequemlichkeit bei der Auswertung verdienen Aufnahmen mit vertikaler Bildebene den Vorzug. Um die nur für Aufnahmen mit vertikaler Bildebene eingerichteten Instrumente auch in steilem Gelände verwenden zu können, ist bei ihnen das Objektiv zum Verschieben in vertikalem Sinn eingerichtet, oder es ist die Kammer z. B. mit drei, übereinander angeordneten Objektiven versehen.

Die an einen Phototheodolit zu stellenden Anforderungen, die hierauf sich beziehenden Untersuchungen und die unter Umständen nötigen Berichtigungen sind von der Bauart des Instruments abgängig³.

¹ Vgl. z. B. Werkmeister, P.: Bestimmung der inneren Orientierung der Kammer eines Phototheodolits. Z. Instrumentenkde 1930.

² Zur Messung dieser Winkel baut G. Heyde einen besonderen Theodolit nach den Angaben von R. Hegershoff.

³ Vgl. z. B. die von C. Pulfrich gemachten Angaben in der Druckschrift Mess 145 von C. Zeiß; ferner Hohennner, H.: Ein neuer Universalphototheodolit. Internat. Arch. Photogrammetrie 5, 228 und Doležal, E.: Das Phototachymeter Doležal-Rost. Internat. Arch. Photogrammetrie 6, 219.

Die Freihandinstrumente bestehen aus einer mit Handgriffen versehenen Meßkammer mit Zielvorrichtung, Dosenlibelle und Auslöser. Die wenig empfindliche Dosenlibelle kann in der Zielrichtung geneigt und mit Hilfe einer Gradteilung auf einen bestimmten Neigungswinkel eingestellt werden. Der hebelartig wirkende Auslöser ist in der Nähe des rechten Handgriffs derart angebracht, daß er durch einen Druck mit dem Zeigefinger betätigt werden kann. Mit Rücksicht auf die vom Luftfahrzeug aus meist rasch hintereinander auszuführenden Aufnahmen werden besondere, einen raschen Wechsel der Platten er-möglichende „Wechselkassetten“ verwendet.

Zu den Freihand-, d. h. nicht fest aufgestellten Instrumenten gehören die als Reihenbildner bezeichneten Kammern, die im Luftfahrzeug eingebaut selbsttätig eine zusammenhängende Reihe von Aufnahmen herstellen, durch deren Aneinanderreihung ein größerer Geländestreifen lückenlos überdeckt wird. Ein Instrument dieser Art ist z. B. die selbsttätig arbeitende Reihenmeßbildkammer von C. Zeiß¹ mit 21 cm Brennweite; bei ihr erfolgen die Aufnahmen auf einem 60 m langen und 19 cm breiten Filmstreifen, mit dem 460 Meßbilder hintereinander aufgenommen werden können. Das Filmband wird je im Augenblick der Aufnahme durch Staudruck gegen eine ebene Platte gedrückt und mit dieser an den Anlegerahmen gepreßt. Das Instrument ist mit einer Vorrichtung zur selbsttätigen Regelung der Überdeckung der aufeinander folgenden Bilder versehen.

2. Die photogrammetrischen Auswertungsinstrumente.

Die Auswertungsinstrumente kann man in zwei Gruppen einteilen; die eine Gruppe umfaßt die Instrumente zur Auswertung von Aufnahmen in horizontalem und vertikalem Sinn, zur anderen Gruppe gehören diejenigen Instrumente, mit denen eine Auswertung nur in horizontalem Sinn möglich ist. Die Instrumente der ersten Gruppe gestatten demnach die Festlegung von jedem Punkt nach Lage und Höhe; mit den nur bei horizontalem Gelände in Betracht kommenden Instrumenten der zweiten Gruppe kann man jeden Punkt nur seiner Lage nach festlegen. Die Instrumente der ersten Gruppe erfordern zwei, von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommene Meßbilder, man kann sie daher als Zweibildinstrumente bezeichnen; bei den Instrumenten der zweiten Gruppe geschieht die Auswertung auf Grund von nur je einem Bild, sie sind deshalb Einbildinstrumente.

a) Die Zweibildinstrumente haben die folgende Aufgabe zu lösen: Von einem Stück der Erdoberfläche wurde von zwei verschiedenen Punkten aus je ein Meßbild aufgenommen, auf Grund von diesen beiden Bildern soll das Geländestück nach Lage und Höhe dargestellt werden; die beiden Bildebenen können dabei beliebig im Raum liegen.

Zweibildinstrumente sind der von C. Pulfrich erdachte Stereokomparator von C. Zeiß, der nach den Gedanken von E. v. Orel bei

¹ Vgl. Schneider, F.: Ein neues Reihenbildgerät für Luftmeßaufnahmen. Bildmessung u. Luftbildwesen 1926, 29.

C. Zeiß gebaute Stereoaograph¹, der von R. Hugershoff erdachte Autokartograph² von G. Heyde, der nach den Angaben von W. Bauersfeld bei C. Zeiß hergestellte Stereoplanigraph³, der von M. Gasser angegebene Doppelprojektor, der von H. Wild erdachte und gebaute Autograph⁴ und der nach den Angaben von R. Hugershoff von G. Heyde gebaute Aerokartograph⁵.

Der Stereokomparator gestattet nur punktweise Auswertung der Bilder; mit den anderen Instrumenten können die Bilder linienweise ausgewertet werden. Der Stereokomparator und der Stereoaograph kommen zunächst zur Auswertung von Bildern in Frage, die von der Erde aus mit vertikalen Bildebenen aufgenommen wurden; der Autokartograph, der Stereoplanigraph, der Doppelprojektor, der Aerokartograph und der Autograph können auch zur Auswertung von Bildern benutzt werden, die vom Luftfahrzeug aus aufgenommen wurden.

b) Mit den Einbildinstrumenten kann man schräg, vom Luftfahrzeug aus aufgenommene Bilder so umformen oder entzerren, daß sie die Eigenschaften von Bildern mit horizontaler Bildebene haben; die Instrumente heißen deshalb auch Umformer oder Entzerrungsinstrumente. Da ein umgeformtes oder entzerrtes Bild — ungefähr horizontales Gelände vorausgesetzt — unmittelbar den Grundriß des von ihm erfaßten Geländestücks liefert, so heißen die Einbildinstrumente auch Grundrißbildner.

Die Hauptteile eines Einbildinstrumentes sind die Lichtquelle Q (Abb. 58), die Kondensorlinse K , der Bildhalter B , die Linse L und

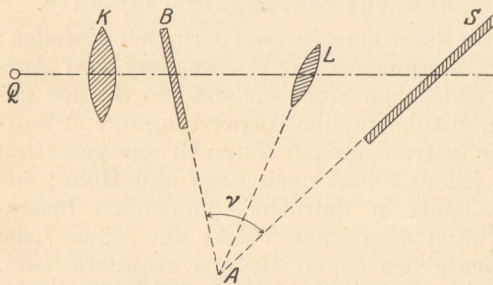


Abb. 58. Grundgedanke der Entzerrungsgeräte.

der Projektionsschirm S . Der Bildhalter B dient zur Befestigung der Negativplatte des umzuformenden Bildes; auf dem Schirm S wird entweder ein lichtempfindliches Papier oder eine lichtempfindliche Platte zum Auffangen des umgeformten Bildes angebracht. Der Winkel γ zwischen den Ebenen des Bildhalters B und des Schirmes S muß

gleich dem Neigungswinkel des Bildes gegen die Horizontale im Augenblick der Aufnahme sein; Bildhalter B und Schirm S sind deshalb

¹ Vgl. Lüscher, H.: Der Stereoaograph Modell 1914, seine Berichtigung und Anwendung. Z. Instrumentenkde 1919, 2.

² Vgl. Doležal, E.: Photogrammetrische Instrumente. Internat. Arch. Photogrammetrie 6, 288.

³ Vgl. Gruber, O. v.: Der Stereoplanigraph der Firma Carl Zeiß, Jena. Z. Instrumentenkde 1923, 1.

⁴ Vgl. Die Photogrammetrie und ihre Anwendung bei der schweizerischen Grundbuchvermessung und bei der allgemeinen Landesvermessung. Sammlung von Referaten. Brugg 1926, 141.

⁵ Vgl. Gruner, H.: Der Aerokartograph nach Prof. Dr.-Ing. Hugershoff, Stuttgart.

drehbar angeordnet. Soll das auf dem Schirm entstehende umgeformte Bild an allen Stellen gleich scharf sein, so muß bei der Umformung die Hauptebene der Linse L durch die Schnittgerade A der Bild- und der Schirmebene gehen; die Linse L muß deshalb zum Drehen eingerichtet sein.

Unter den Einbildinstrumenten gibt es solche, die die umgeformten Bilder in einem beliebigen Maßstab liefern, und solche, mit denen die schräg aufgenommenen Bilder umgeformt und zugleich auf einen bestimmten Maßstab gebracht werden können¹. Einbildinstrumente der letzteren Art sind die Entzerrungsgeräte der Photogrammetrie G. m. b. H. München und der Firma C. Zeiß; diese beiden Instrumente sind so eingerichtet, daß bei ihnen die oben angegebene Bedingung — die Hauptebene der Linse L muß durch die Schnittgerade A der Bild- und der Schirmebene gehen — selbsttätig erfüllt wird.

c) Bei den oben erwähnten Zweibildinstrumenten werden bei der Auswertung beide Bilder gleichzeitig verwendet. Ein Bildpaar kann auch in der Weise ausgewertet werden, daß man jedes Bild für sich verwendet; das dabei benutzte Instrument ist der Bildtheodolit², bei dem das auszuwertende Meßbild in einem Bildhalter befestigt und mit dessen Hilfe in diejenige Lage im Raum gebracht wird, die es im Augenblick der Aufnahme hatte. Der Bildtheodolit hat einen theodolitartigen, mit Horizontal- und Vertikalkreis versehenen Teil, der so mit dem Bildträger verbunden ist, daß man nach den einzelnen Punkten des im Träger befestigten Bildnegativs dieselben Horizontal- und Vertikalkwinkel messen kann wie mit einem in dem Punkte, in dem die Aufnahme ausgeführt wurde, aufgestellten gewöhnlichen Theodolit.

Bildtheodolite, die in ihren Grundgedanken auf C. Koppe zurückgehen, werden nach den Angaben von C. Pulfrich und R. Hugershoff von C. Zeiß und G. Heyde gebaut³.

E. Instrumente für flüchtige Aufnahmen.

Flüchtige oder weniger genaue, zur Ausarbeitung in einem kleinen Maßstab bestimmte Messungen werden z. B. auf Reisen ausgeführt zur Festlegung des Reiseweges zwischen den durch astronomische Messungen festgelegten Punkten und zur Aufnahme des durchzogenen Geländestreifens. Man hat dabei Strecken, Winkel und Höhen zu messen. Die zu messenden Strecken sind die horizontalen Entfernungen der in Frage kommenden Punkte. Die Höhen kann man mit dem Barometer oder mit dem Siedethermometer oder mit einfachen, keine feste Aufstellung erfordernden Nivellierinstrumenten messen. Bei der barometrischen Höhenmessung kann man entweder Quecksilberbarometer oder Feder-

¹ Vgl. Gruber, O. v.: Die perspektivischen und optischen Verhältnisse bei der Entzerrung von Fliegerbildern. Z. Instrumentenkde 1922, 161.

² Das Instrument wird auch als Bildmeßtheodolit oder besser Meßbildtheodolit bezeichnet.

³ Vgl. auch Samel, P.: Die Prüfung und Berichtigung eines Bildmeßtheodolits. Bildmessung und Luftbildwesen 1929, 74.