Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 31 (1933)

Heft: 3

Artikel: Die Panoramenkammer Dr.-Ing. C. Aschenbrenner-Photogrammetrie G.m.b.H. München und ihre Verwendung für die luftphotogrammetrische Vermessung

Autor: Baeschlin, C.F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-194003

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 29.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

um eine wiederholte Anwendung der räumlichen Delambreschen Aufgabe[3] in der Version der Winkelmessung in 4 Standpunkten. Die Reduktion auf 2 Standpunkte stellt dann nichts anderes dar, als eine dem Geodäten geläufige Zentrierungsrechnung (Figuren 3 und 4). Die Berechnung des mittleren Punktfehlers eines Zielpunktes ergibt sich aus:

$$m^2 = \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 (\beta + \gamma)} m^2{}_\alpha + \alpha^2 \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^4 (\beta + \gamma)} m^2{}_\beta + \alpha^2 \frac{\sin^2 \beta}{\sin^4 (\beta + \gamma)} m^2 \gamma.$$

Ziel.

Das behandelte Problem wird für die nächste Zukunft als die wichtigste Aufgabe der wissenschaftlichen Geodäsie bezeichnet werden müssen. Denn seine Lösung würde gestatten, die beiden großen Hauptkomplexe geodätischer und geophysikalischer Messungen zu verbinden. Von seiner Lösung wäre ein wesentlicher Fortschritt für alle den Erdkörper behandelnden Wissensgebiete: Geodäsie, Geophysik, Astronomie, Geologie, Meteorologie, Geographie zu erwarten.

Die Inangriffnahme dieser Aufgabe würde insbesondere der geodätischen Wissenschaft neuen Auftrieb geben. Ich halte die Lösung der Aufgabe in naher Zukunft schon für möglich, da die technischen Voraussetzungen erfüllt und die Kosten erschwinglich sind.

[3] Delambre, Méthodes analytiques pour la détermination d'un arc du méridien. Paris 1799, 149, 152.

Die Panoramenkammer Dr.-Ing. C. Aschenbrenner-Photogrammetrie G. m. b. H. München und ihre Verwendung für die luftphotogrammetrische Vermessung.

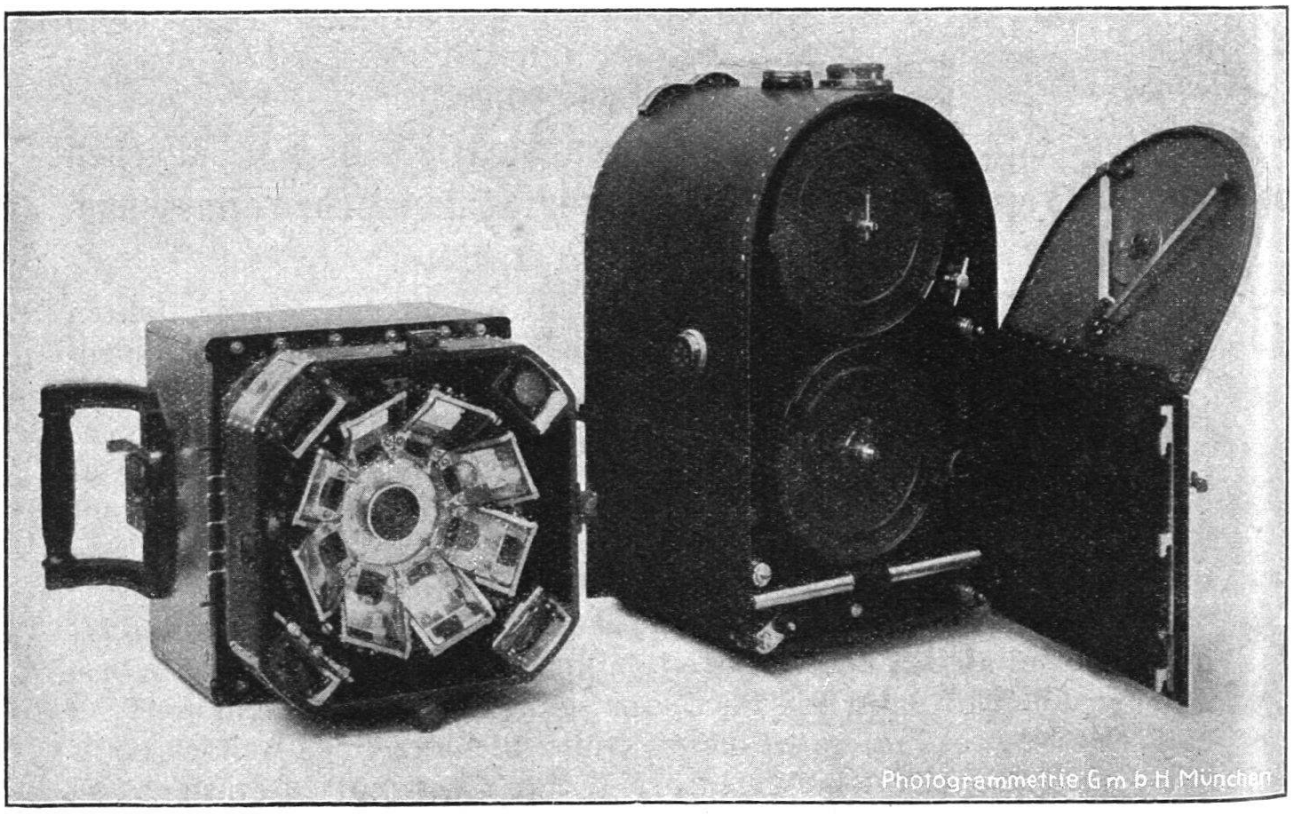
Von *C. F. Baeschlin*, Zollikon.

Dr.-Ing. *C. Aschenbrenner*, München, hat in den letzten Jahren zur Erzielung weitwinkliger Luftaufnahmen eine sog. Panoramenkammer (im folgenden abkürzend mit P.K. bezeichnet) konstruiert und die Auswertungsmethoden entwickelt, welche dem Gerät angepaßt sind. Diese neuen Geräte und Methoden sollen hauptsächlich für die sog. „extensive Photogrammetrie" dienen, welche dazu bestimmt ist, großräumige Gebiete mit noch geringer wirtschaftlicher Entwicklung in rationeller Weise zu vermessen und zu kartieren.

Auf Grund eingehender Studien bei der Photogrammetrie G. m. b.H. in München hat sich der Verfasser ein klares Bild über die Materie verschaffen können; da er die Sache für sehr zukunftsreich und wertvoll hält, so drängt es ihn, durch diese Veröffentlichung einen weitern Kreis von Fachleuten mit dem Wesen der Methode vertraut zu machen. Bei dieser Gelegenheit möchte ich Herrn Dr.-Ing. Aschenbrenner und Herrn Dr. Gürtler, Direktor der Photogrammetrie G. m. b. H. in München, bestens danken für die vollständige Orientierung und die liebenswürdige Aufnahme in München.

Da bei der Luftphotogrammetrie zur Orientierung eines Plattenpaares gegen das Lot mindestens zwei der Lage und Höhe nach bekannte Punkte und ein Punkt, dessen Höhe bekannt sein muß, notwendig sind, so leuchtet es ohne weiteres ein, daß die Anforderungen an die Dichtigkeit des Triangulationsnetzes in dem zu vermessenden Gebiete um so geringer werden, je größer die Fläche ist, welche von einem Plattenpaar bedeckt wird. Der beliebigen Vergrößerung der Flughöhe ist eine Grenze gesetzt durch die zunehmende Luftverdünnung, welche die Leistungsfähigkeit der Motoren und der Besatzung vermindert, wie auch durch die Sichtverhältnisse. Deshalb hat man schon seit einiger Zeit angestrebt, bessere Bedingungen durch eine Vergrößerung des Bildwinkels zu erzielen. Da der Bildwinkel eines photographischen Objektives, welches den hohen Anforderungen der Photogrammetrie genügt, nicht wesentlich über 60g gebracht werden kann, so muß die Bildwinkelvergrößerung durch einen Kunstgriff erreicht werden.

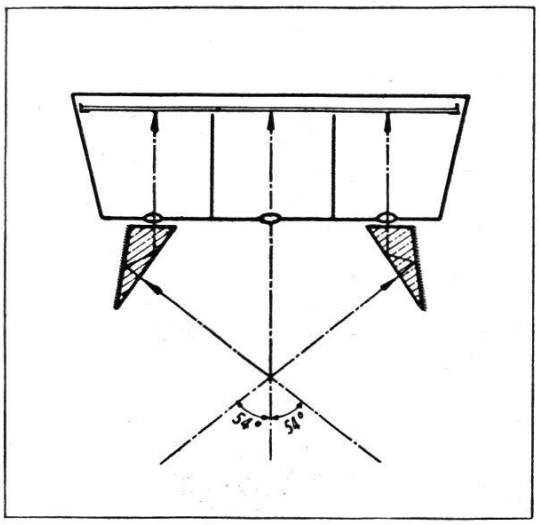
Aus solchen Ueberlegungen heraus hat Dr.-Ing. *C. Aschenbrenner*, der als langjähriger Angestellter der Photogrammetrie G. m. b. H. in München die Theorie und Technik der Photogrammetrie gründlich kennt, seine P.K. konstruiert. Er hat dabei eine von Hauptmann *Scheimpflug* gegebene Lösung als Grundlage verwendet. Das Prinzip seiner Konstruktion ist das folgende:



Figur 1.

9 Objektive gleicher Bildweite von 53.5 mm sind in einer Ebene so montiert, daß die Hauptebenen aller Objektive in diese Ebene

fallen, die Kammerachsen also zu ihr normal stehen. Um ein mittleres Objektiv herum sind die 8 andern in den Ecken eines regulären Achteckes angeordnet. Die objektseitige Kammerachse der äußeren Objektive wird durch je ein vorgesetztes, doppeltreflektierendes Prisma um 60g gegen die Kammerachse des mittleren Objektives abgelenkt.



Figur 2.

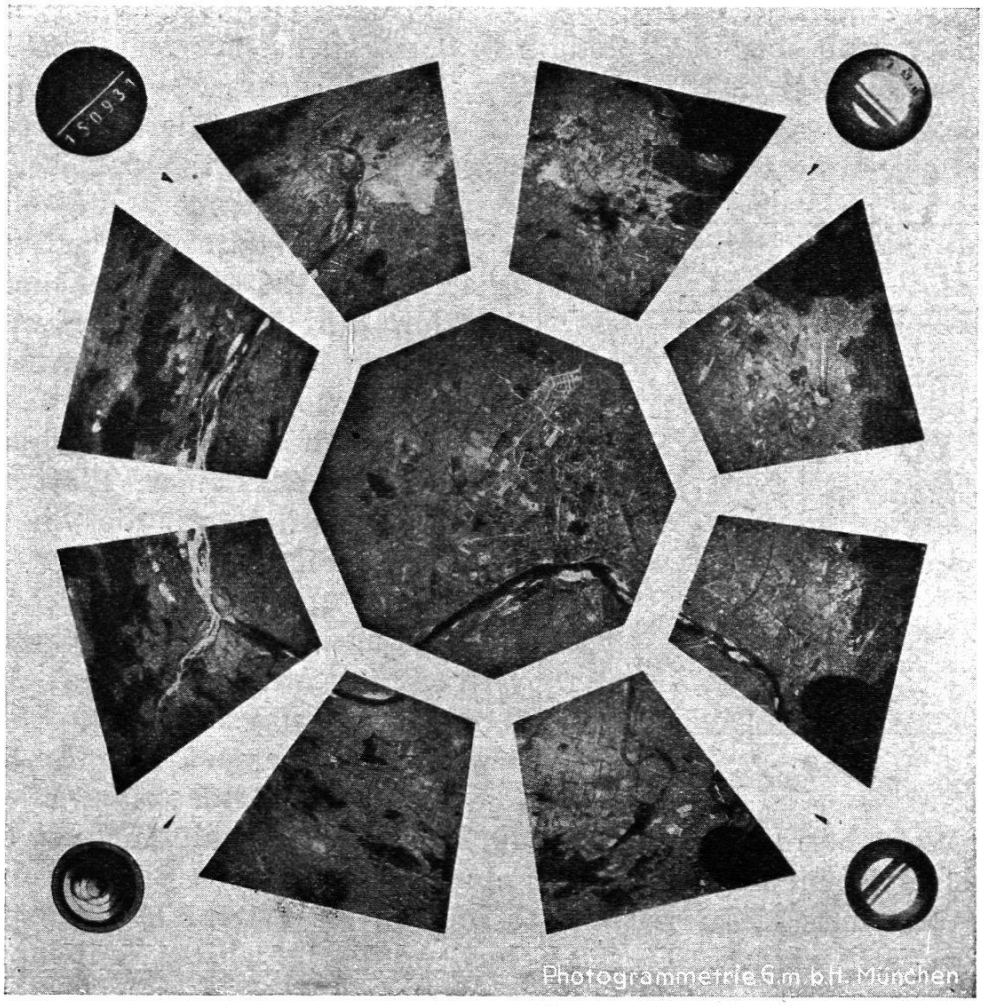
Die vorstehende Figur stellt den Strahlengang dar. An der Außenfläche der Prismen wird die Reflexion durch Belegung erzwungen, während an der Innenfläche eine Totalreflexion auftritt.

Die Bilder dieser 9 Objektive entstehen auf einer Platte von 18 × 18 cm², so wie dies die nachstehende Figur zeigt.

Die Außenbilder stellen Umklappungen der Seitenbilder in die Ebene des Mittelbildes dar. Durch diesen rein physikalischen Vorgang werden die perspektiven Beziehungen der Seitenbilder zum Objekt in keiner Weise betroffen. Die Teilbilder lassen sich deshalb auch, trotzdem sie in einer Ebene liegen, nicht zu einem geschlossenen Bild zusammenfügen. Will man dies erreichen, so müssen die Seitenbilder perspektiv transformiert werden. Dies geschieht am einfachsten auf optisch-mechanischem Weg durch Entzerrung. Diese Entzerrung wird im sog. *Umbildgerät* ausgeführt. Da die Neigung der Außenbildebenen 60g gegen die Mittelbildebene beträgt und die innere Orientierung der Bilder genau bekannt ist, so kann diese Entzerrung ohne Kenntnis irgend welchen Maßes am Objekt vollzogen werden. Der symmetrische Aufbau der P.K. ermöglicht dabei eine weitgehende Schematisierung des Entzerrungsvorganges.

Eine eingehende Beschreibung der P.K. und des Umbildgerätes würde hier zu weit führen. Für die Beschreibung der P.K. verweisen wir auf C. Aschenbrenner, „Neue Geräte und Methoden für die photogrammetrische Erschließung unerforschter Gebiete", Bildmessung und Luftbildwesen, 1929, Heft 1, Seiten 30—38, und für die Beschreibung des Umbildgerätes auf C. Aschenbrenner, „Bericht über die Durchführung und die Ergebnisse einer Bildtriangulierung mit den neuen Geräten der Photogrammetrie G. m. b. H." in Bildmessung und Luftbildwesen, 1929, Heft 4, Seiten 161—169.

Die Brennweite des zur Entzerrung verwendeten Objektives beträgt 36 mm. Als Ergebnis dieser 8maligen Entzerrung entsteht zusammen mit dem unveränderten Mittelbild eine geschlossene Bildfläche 26.75 × 26.75 cm² auf einer Platte von 30 × 30 cm². Diese Aufnahme entspricht nun geometrisch dem, was mit einem einzigen Weitwinkelobjektiv von 53.5 mm Brennweite erhalten würde, dessen Kammer-

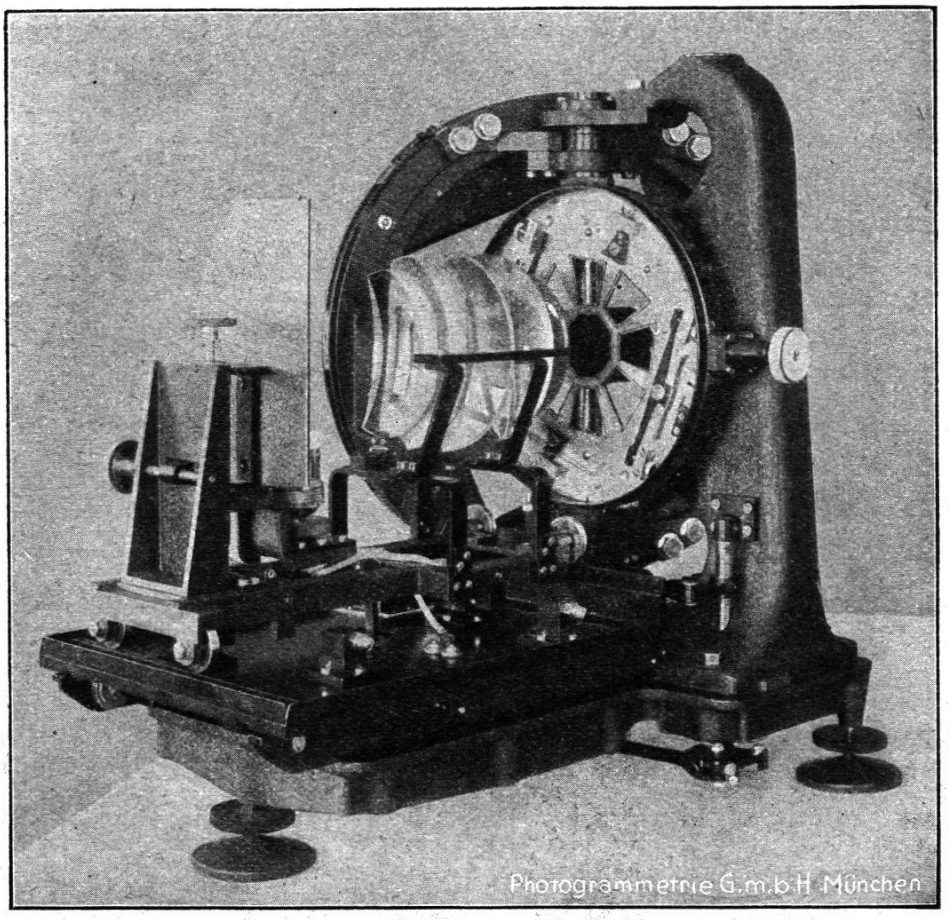


Figur 3.

achse mit derjenigen des Mittelobjektives zusammenfallen würde. Das Bildfeld über die Seiten ist 151g.55 (136°), über die Diagonalen 164g.5 (148°). Dieser Umbildevorgang geht mit dem Umbildgerät sehr rasch und sicher vor sich. Der ganze Prozeß dauert ca. eine Viertelstunde.

Mit solchen Weitwinkelsenkrechtaufnahmen, deren Nadirdistanz mit Hilfe eines Zielapparates innerhalb 3g gehalten werden kann, wird nun zunächst bei etwa 75prozentiger Ueberdeckung zweier benachbarten Bilder eine sog. „Hauptpunkttriangulation" ausgeführt.

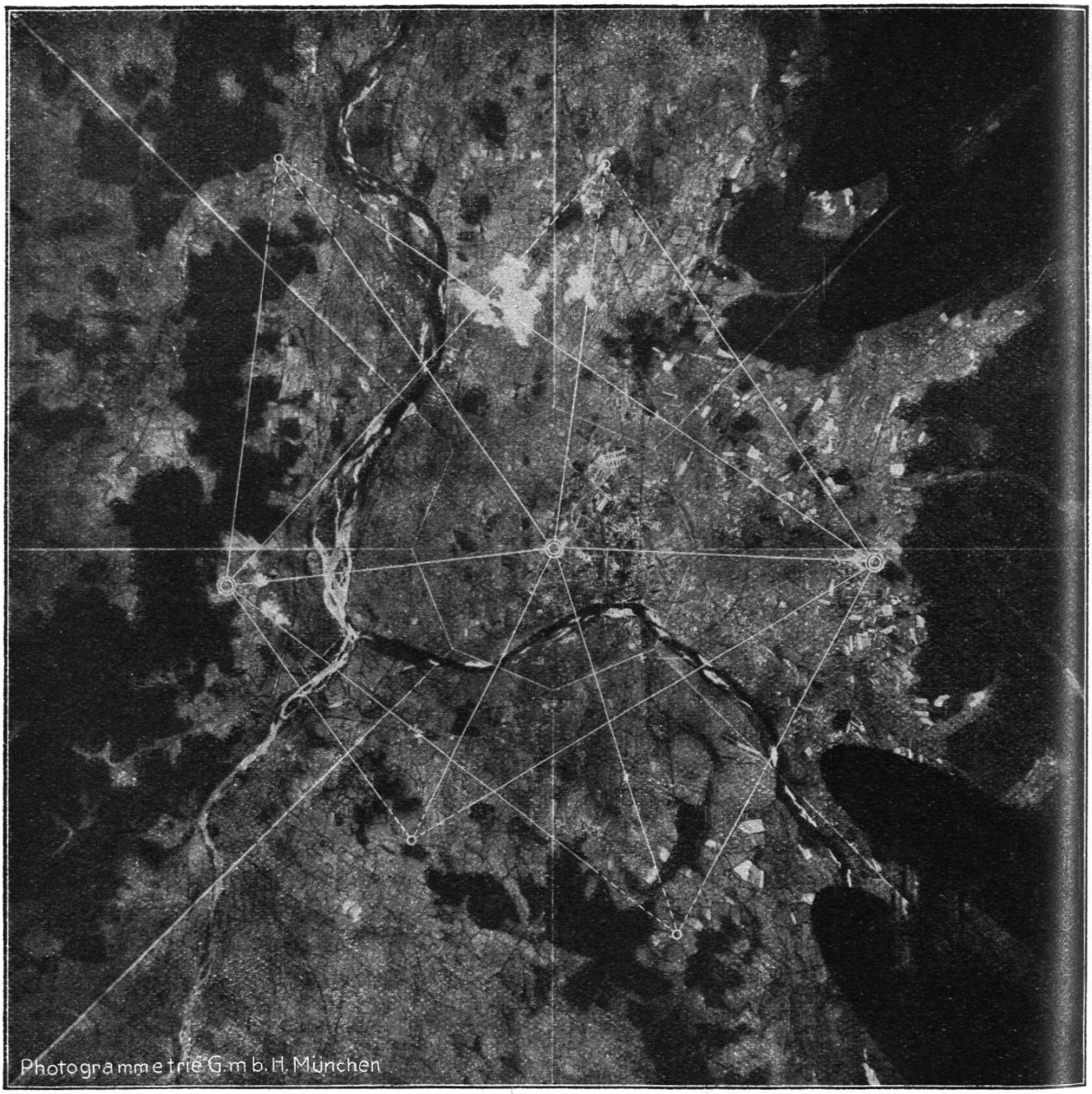
Um die Hauptpunkte in den Nachbarplatten mit möglichst hoher Genauigkeit identifizieren zu können, muß der Stereoeffekt verwendet werden. Um alle Aufgaben, die mit solchen Hauptpunkttriangulierungen zusammenhängen, ausführen und um bequem und mit hoher Genauigkeit rechtwinklige Koordinaten den Bildern entnehmen zu können, hat die „Photogrammetrie" ein besonderes Instrument, das sog. „Uebertragungsgerät", bauen lassen. Es sei hier erwähnt, daß sowohl die P.K., das Umbildgerät und das Uebertragungsgerät nach den Angaben von Aschenbrenner von der Firma *C. A. Steinheil Söhne* in München gebaut worden sind. Bestehende Geräte, wie etwa der „Radialtriangulator" von C. Zeiß, Jena, konnten schon deshalb nicht verwendet werden, weil sie nicht für das große Format 30 × 30 cm² eingerichtet sind.



Figur 4.

Dieses Uebertragungsgerät besteht aus einem binokularen Doppelmikroskop mit räumlicher Marke und verdrehbaren Bildträgern. Zur Uebertragung des Hauptpunktes einer Platte auf eine Nachbarplatte werden die beiden Platten in die Bildträger eingelegt; dann werden die Bildträger so gedreht, daß die Verbindungslinie der beiden Plattenmittelpunkte zur Erzielung eines guten stereoskopischen Effektes ungefähr in die seitliche Verschiebungsrichtung des Gerätes fällt. Nun wird z. B. die Marke des linken Mikroskopes mit dem Mittelpunkt der linken Platte zur Deckung gebracht und darauf die rechte Platte so verschoben, daß an dieser Stelle bei beidäugiger Beobachtung die Marke räumlich auf dem Gelände aufzusitzen scheint. Für alle hierzu nötigen Verschiebungen sind Grob- und Feinbewegungen, letztere mittels Mikrometerschrauben, vorhanden. Zur Markierung des Punktes auf den Platten dienen justierte Markiervorrichtungen, die an jedem Objektivende angebracht sind. Auf der Platte entsteht durch Betätigung dieser Vorrichtung ein feiner Punkt, bzw. ein Punkt mit Ring an derjenigen Stelle, auf welche die Zielrichtung des betr. Mikroskopes eingestellt ist. In analoger Weise können natürlich auch beliebige Bildpunkte von einer Platte in die andere übertragen werden.

Zur Ausmessung der Richtungen vom Plattenmittelpunkt aus nach anderen Triangulationspunkten wird die betr. Bildplatte in einen Plattenträger eingelegt und mit Hilfe besonderer Justierschrauben so

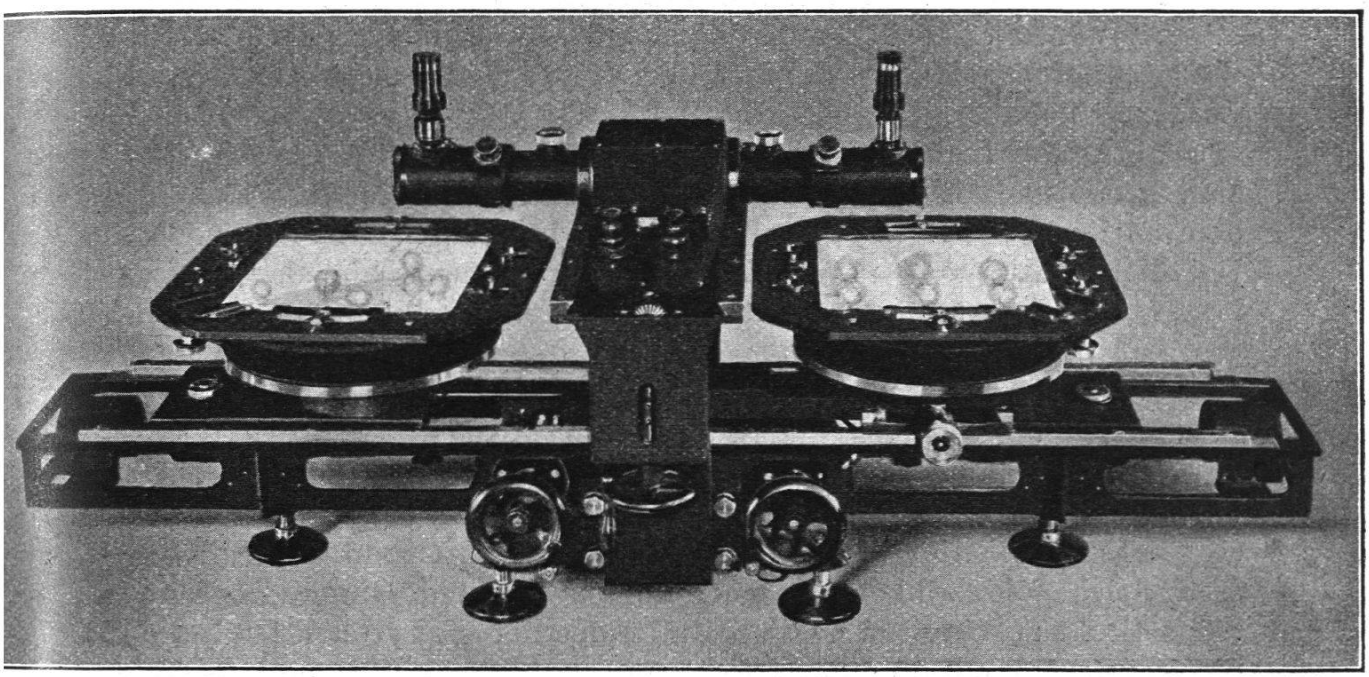


Figur 5.

verschoben, daß der Plattenmittelpunkt in die Drehachse des Bildhalters zu liegen kommt. Dann bringt man der Reihe nach jeden Triangulationspunkt durch Verdrehung des Bildhalters und unter Benützung nur einer der beiden Verschiebungsmöglichkeiten des Bildhalters mit der Marke zur Deckung. Die Drehung wird an einem am Plattenhalter angebrachten Teilkreis mit Nonius auf 1 Minute genau abgelesen.

Für eine eingehendere Beschreibung des Uebertragungsgerätes sei verwiesen auf die früher zitierte Abhandlung von Aschenbrenner in „Bildmessung und Luftbildwesen", 1929, Heft 4.

Diese Hauptpunkttriangulierungen werden durchgeführt in der



Figur 6. Abbildung des Uebertragungsgerätes.

Form von Doppelrauten, für welche drei Bedingungsgleichungen bestehen. Jede der Doppelrauten wird für sich nach der Methode der kleinsten Quadrate bedingt ausgeglichen, was bei geschickter Organisation durch Hilfsrechner in kurzer Zeit ausgeführt werden kann. Genauigkeitsuntersuchungen von Aschenbrenner, die er in seiner der Technischen Hochschule in München vorgelegten Promotionsarbeit beschreibt, zeigen, daß es nur einen ganz minimen Genauigkeitsverlust bedeutet, daß jede Raute für sich allein ausgeglichen wird, ohne die mit andern Rauten gemeinsamen Richtungen zu verwenden. Auf diese Art wird aber die Ausgleichungsarbeit auf ein bescheidenes Maß reduziert.

Ein solcher Rautenzug wird in vorhandene und in die Hauptpunkttriangulierung einbezogene Punkte durch eine Drehzerrung eingepaßt.

Bei einem ersten Versuch ergaben sich mittlere Richtungsfehler von $\pm$ 7′.3. Dabei war aber das Uebertragungsgerät noch nicht vollständig justiert, auch wies es noch mechanische Mängel auf. Heute kann man mittlere Fehler einer Richtung von $\pm$ 3—4 Minuten sexagesimaler Teilung erreichen.

Aus einem solchen Rautenzug, der aus einer Flughöhe von rund 3200 Meter gewonnen worden war, wurden mittlere Punktfehler für die Rautenpunkte von 17.7 Meter erhalten. Die mittlere Seitenlänge betrug 5½ km. Nur einfach eingeschnittene Punkte ergaben mittlere Punktfehler von ca. $\pm$ 50 Meter. Die Längsüberdeckung war bei diesen Aufnahmen ca. ⅔. Es wurden 6 Platten verwendet. Die überspannte Entfernung betrug ca. 30 km und die Fläche des triangulierten Gebietes war 450 km². Die hier angegebenen mittleren Punktfehler ergaben sich aus der Vergleichung mit der Katasterkarte 1 : 5000, die natürlich auch noch Fehler aufweist.

Nach diesem Verfahren kann aber nur die Lage der Punkte bestimmt werden. Damit kann dann eine maßstabgerechte Entzerrung des Aufnahmegeländes durchgeführt und eine Photokarte erstellt werden.

Bei einer Flughöhe über Grund von 5350 Meter ist der Bildmaßstab 1 : 100 000 und die von einer einzigen Aufnahme gedeckte Fläche mit dem Format 25 × 25 cm² gerechnet, ist 625 km². Infolge der notwendigen Ueberdeckungen geht natürlich davon verschiedenes ab, aber man erkennt, daß doch sehr große Flächen erfaßt werden können.

Sollen nun auch die Höhen bestimmt und topographische Pläne mit Schichtenlinien erstellt werden, so muß Stereophotogrammetrie zur Anwendung gelangen, indem Plattenpaare, die sich zu etwa ¾ überdecken, benutzt werden. Dabei werden auch hier Senkrechtaufnahmen angestrebt, also nicht etwa normal-konvergente Aufnahmen, wie wir sie für Einfachkammern meistens verwenden. Der Grund liegt in folgendem: Solche Weitwinkelaufnahmen können in einem Raumautographen nicht direkt ausgewertet werden, da infolge der sehr großen Drehwinkel die konstruktive Lösung auf fast unüberwindliche Hindernisse stößt. Auch ist zu beachten, daß, da ein Weitwinkelobjektiv von über 150g Bildwinkel nie konstruiert werden kann, das Porro-Koppesche Bildmeßprinzip nur angewendet werden könnte, wenn analog, wie bei der Aufnahme, ein neunfaches Objektiv verwendet würde, was aber wieder auf konstruktive Schwierigkeit stößt.

So bleibt zur Stunde nichts anderes übrig als die Weitwinkelaufnahmen so umzuphotographieren, daß sie in eine Kammer größerer Bildweite eingelegt, als ganze Aufnahme *einem* Objektiv gegenüber gestellt werden können, dessen halber Bildwinkel 30g nicht wesentlich übersteigt. Dies ist aber nur möglich, indem das originelle Strahlenbündel, das einen Bildwinkel von über 150g besitzt, affin verändert wird. Dabei verstehen wir unter affiner Umbildung eines Strahlenbündels gegenüber einem ausgezeichneten Strahl (Achse) das folgende:

Im Originalbündel bilde ein beliebiger Strahl mit der Achse den Winkel ω.

Im affinen Bündel bilde das Bild des beliebigen Strahles mit dem Bild der Achse den Winkel ω_1.

Affin sind die beiden Bündel, wenn

$$\operatorname{tg} \omega_1 = \kappa \operatorname{tg} \omega \quad \text{ist.}$$

κ heißt das Affinitätsverhältnis.

Unter gewissen Umständen geben zwei im gleichen Affinitätsverhältnis umgebildete Originalbündel, deren konjugierte Strahlen sich je in einem Punkte schneiden, ein affines Raummodell so, daß also die affinen Bildstrahlenpaare sich wieder je in einem Raumpunkte schneiden. Ohne näher auf diese sehr interessante geometrische Frage einzutreten, die ein Spezialfall der allgemeinen räumlichen Kollineation ist, müssen wir konstatieren, daß für die bequeme Auswertung an einem Raumautographen nur eine Affinität in Frage kommt, deren Achsrichtung lotrecht ist, da dann allein die Höhenkurven unverzerrt erscheinen; die

Höhen selbst sind in dem erscheinenden affinen Modell in einem andern Maßstab dargestellt als die Dimensionen in horizontalen Ebenen, die Lage-Dimensionen. Indem man einen andern Maßstab für die Höhen, als wie für die Lage verwendet, kann man dann am Autographen doch direkt Höhen ablesen.

Um einfache Verhältnisse zu bekommen, ist man gezwungen, die Kammerachse als Affinitätsachse zu wählen. Da aber die Kammerachsen bei der Aufnahme nicht genau lotrecht stehen, so genügt es nicht, die Weitwinkelaufnahmen ähnlich umzubilden, da damit ja die Affinitätsachsen (Kammerachsen) i. A. nicht lotrecht zu stehen kämen. Man muß daher die Weitwinkelaufnahmen, die also i. A. mit *nicht* horizontaler Bildebene erzeugt worden sind, auf eine horizontale Bildebene entzerren; dabei kann dann gleich der Maßstab in dem Affinitätsverhältnis verändert werden.

Dies bedingt aber, daß jede Aufnahme zunächst gegen das Lot orientiert werden muß, und zwar darf diese Orientierung nicht erst mit der umgebildeten Aufnahme im Raumautographen erfolgen.

Diese Orietierung der beiden Originalaufnahmen gegen das Lot führt die „Photogrammetrie" nach einem von Aschenbrenner entwickelten Verfahren in der folgenden Weise durch, wobei hier darauf hingewiesen werden soll, daß die Grundidee des Verfahrens auf Geheimrat Prof. Dr. S. Finsterwalder zurückgeht (siehe S. Finsterwalder, Geometrische Grundlagen der Photogrammetrie. Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung, 1897, Leipzig 1899).

Nach einem von Fuchs im III. Bande des Internationalen Archives für Photogrammetrie angegebenen Verfahren werden die beiden Aufnahmen zunächst rechnerisch gegeneinander orientiert, zunächst noch ohne Rücksicht auf ihre Orientierung zum Lot.

Ein Punkt P der Platte, mit den rechtwinkligen Koordinaten x und y, erhält durch eine Kantungsänderung $\Delta\kappa$ die Koordinaten $y + \Delta y$, $x + \Delta x$.

Es ist

1 a) $$\Delta x = \left[x \operatorname{tg}\left(\frac{\Delta\kappa}{2}\right) + y\right] \sin(\Delta\kappa)$$

1 b) $$\Delta y = \left[x - y \operatorname{tg}\left(\frac{\Delta\kappa}{2}\right)\right] \sin(\Delta\kappa).$$

Eine Aenderung der Verschwenkung $\Delta\varphi$ erzeugt die Koordinatenänderungen.

2 a) $$\Delta x = \frac{f \cdot \operatorname{tg}(\Delta\varphi)}{1 - \frac{x}{f} \operatorname{tg}(\Delta\varphi)} \left(1 + \frac{x^2}{f^2}\right)$$

2 b) $$\Delta y = \frac{y \cdot \operatorname{tg}(\Delta\varphi)}{1 - \frac{x}{f} \operatorname{tg}(\Delta\varphi)} \left\{\operatorname{tg}\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \frac{x}{f}\right\}$$

wo f die Bildweite der Aufnahme bedeutet.

Wenn wir die Querneigung ω der Aufnahme um $\Delta\omega$ verändern, so erhalten wir die Koordinatenänderungen

3 a) $$\Delta x = \frac{x \cdot \operatorname{tg}(\Delta\omega)}{1 - \frac{y}{f}\operatorname{tg}(\Delta\omega)} \left\{ \frac{y}{f} + \operatorname{tg}\left(\frac{\Delta\omega}{2}\right) \right\}$$

3 b) $$\Delta y = \frac{f \operatorname{tg}(\Delta\omega)}{1 - \frac{y}{f}\operatorname{tg}(\Delta\omega)} \left(1 + \frac{y^2}{f^2}\right)$$

Bei der Durchführung dieser Transformationen sind immer die aus der vorhergehenden Transformation sich ergebenden Werte für x und y einzusetzen.

Wenn wir dagegen die Größen $\Delta\kappa$, $\Delta\varphi$ und $\Delta\omega$ als kleine Größen 1. Ordnung voraussetzen, so erhalten wir in 1. Ordnung korrekt

4 a) $$dx = \left(1 + \frac{x^2}{f^2}\right) \cdot f \cdot d\varphi - y\, d\kappa + \frac{xy}{f}\, d\omega$$

4 b) $$dy = \frac{xy}{f}\, d\varphi + x\, d\kappa + \left(1 + \frac{y^2}{f^2}\right) f \cdot d\omega$$

wo x und y die Koordinaten vor den drei Transformationen bedeuten.

Gestützt auf diese Formeln wollen wir nun die gegenseitige Orientierung der beiden Aufnahmen bestimmen und gehen dabei in folgender Weise vor:

Wir legen eine Ebene durch die Basis und die Kammerachse der linken Station, die sog. Hauptkernebene der linken Station. Diese Ebene benutzen wir als Projektionsebene. Die gegenseitige Orientierung der beiden Aufnahmen ist bestimmt durch φ_R, κ_R, ω_R der rechten Platte und φ_L und κ_L der linken Platte. ω_L ist in unserem Bezugssystem gleich Null.

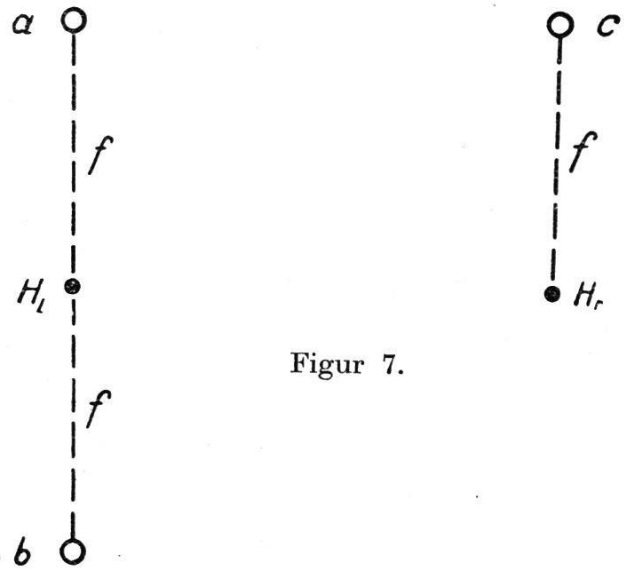
Transformieren wir unsere Aufnahmen mit den 5 Größen φ_R, κ_R, ω_R, φ_L und κ_L, so stellen die transformierten Aufnahmen die Aufnahmen eines stereophotogrammetrischen Normalfalles mit der Hauptkernebene links als Fundamentalebene dar. (Bei dem in der terrestrischen Stereophotogrammetrie verwendeten Normalfall mit horizontalen Kammerachsen stellt die Horizontalebene die Fundamentalebene dar.) In diesen transformierten Aufnahmen gilt für konjugierte Punkte die Beziehung

$$y_R - y_L = 0.$$

Wir messen im Uebertragungsgerät für 5 geeignet gewählte Punkte die Koordinaten x und y aus. Zur Vereinfachung der Rechnung werden die 5 Punkte speziell ausgewählt.

Zunächst wählen wir die beiden Plattenhauptpunkte und übertragen sie unter Benützung des stereoskopischen Effektes am Uebertragungsgerät auf die andere Platte. Die 3 weiteren Punkte wählen wir in den beiden Platten gemäß nachstehendem Schema aus und zwar so, daß die Punkte a) und b) auf der linken Platte, der Punkt c) auf der rechten

Platte die Abszisse Null bekommt und außerdem alle diese drei Punkte auf der rechten Platte Ordinaten vom Betrage $\pm f$ haben.



Figur 7.

Diese drei Punkte werden am Uebertragungsgerät in beide Platten übertragen und ihre Koordinaten erhoben; der Nullpunkt der verwendeten Koordinatensysteme ist der resp. Hauptpunkt, die x-Achse die Richtung zum andern übertragenen Hauptpunkt

Indem wir die Formeln (4 b) heranziehen, $dy_L - dy_R$ bilden ($d\omega_L = 0$ setzend) und diesen Ausdruck gleich $y_L - y_R$ setzen, erhalten wir die folgenden 5 Bestimmungsgleichungen für die 5 Unbekannten:

$$H_L: \pm 0 \cdot d\varphi_L \pm 0 \cdot d\varphi_R \pm 0 \cdot d\kappa_L - x_R' \cdot d\kappa_R - 1 \cdot d\omega_R \pm 0 = 0$$
$$H_R: \pm 0 \cdot d\varphi_L \pm 0 \cdot d\varphi_R + x_L' \cdot d\kappa_L \pm 0 \cdot d\kappa_R - 1 \cdot d\omega_R \pm 0 = 0$$
$$a: \pm 0 \cdot d\varphi_L - x_R' \, d\varphi_R \pm 0 \cdot d\kappa_L - x_R' \cdot d\kappa_R - 2 \cdot d\omega_R' - L_a = 0$$
$$b: \pm 0 \cdot d\varphi_L + x_R' \, d\varphi_R \pm 0 \cdot d\kappa_L - x_R' \, d\kappa_R - 2 \cdot d\omega_R - L_b = 0$$
$$c: x_L' \cdot x_R' \cdot d\varphi_L \pm 0 \cdot d\varphi_R + x_L' \cdot d_\kappa L \pm 0 \cdot d\kappa_R - 2 \cdot d\omega_R - L_c = 0$$

Dabei ist $x' = \frac{x}{f}$, $y' = \frac{y}{f}$, $L = \frac{y_L - y_R}{f}$.

Da i. A. die 5 Unbekannten φ_R, κ_R, ω_R, φ_L und κ_L nicht von der I. Ordnung klein sind, so sind die obigen Gleichungen nicht streng. Durch ihre Auflösung, die äußerst einfach ist, bekommen wir aber immerhin Näherungswerte für die Unbekannten. Indem man diese dazu verwendet, die transformierten Koordinaten mit Hilfe der strengen Formeln (1 a) bis (3 b) zu berechnen, erhält man die Grundlage für eine 2. Bestimmung der Unbekannten. Bei dieser strengen Transformation wird die Größe

$$\kappa = \frac{1}{1 - \frac{x}{f} \operatorname{tg}(\Delta\varphi)} \quad \text{resp.} \quad \frac{1}{1 - \frac{y}{f} \operatorname{tg}(\Delta\varphi)}$$

mit dem Argument $\frac{x}{f} \operatorname{tg}(\Delta\varphi)$ resp. $\frac{y}{f} \operatorname{tg}(\Delta\varphi)$ einer Tabelle entnommen.

Falls die 5 Unbekannten relativ groß gefunden worden sind, werden die Gleichungen (5) nochmals mit den neuen (den transformierten) Koordinaten aufgestellt und aufgelöst. Meist wird es dann genügen, die transformierten Koordinaten mit Hilfe der Differentialgleichungen (4) zu berechnen.

Nun werden 5 bis 7 weitere Punkte nahe gegen die Plattenränder

ausgewählt, am Uebertragungsgerät auf die andere Platte übertragen und die Koordinaten in beiden Bildern erhoben; diese werden dann mit Hilfe der strengen Formeln (1 a) bis (3 b) transformiert. Auch für diese Punkte werden jetzt die Gleichungen (5) aufgestellt, so daß wir mit den zuerst gewählten 5 Punkten zusammen 10 bis 12 Fehlergleichungen erhalten, deren rechte Seite (v) jetzt natürlich von Null verschieden angesetzt werden muß; durch eine vermittelnde Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate mit der Bedingung $[pvv]$ = Minimum werden die wahrscheinlichsten Werte der jetzt nur noch kleinen 5 Unbekannten bestimmt.

Die Gewichte p der einzelnen Gleichungen werden unter der Annahme berechnet, daß jeder abbildende Strahl auf der Einheitskugel den gleichen sphärischen mittleren Fehlerkreis vom Radius m_0 habe. Dann erhält ein Punkt mit den Plattenkoordinaten x und y eine mittlere Fehlerellipse mit den Halbachsen

$$a = m_0 f\,(1 + x'^2 + y'^2);\; b = m_0 f\,\sqrt{1 + x'^2 + y'^2}$$

wobei die große Halbachse mit der x-Achse den Winkel Θ bildet, wo $\operatorname{tg}\Theta = y'/x'$.

Daraus erhalten wir den mittleren Fehler eines y und daraus den mittleren Fehler einer y-Differenz, die gleich der Höhenparallaxe ist. So erhalten wir schließlich das Gewicht einer Höhenparallaxe

$$p = 1 : [1 + y'^2 + \tfrac{1}{2}\,(x_L'^2 + x'^2_R)]\,(1 + y'^2)$$

Mit Hilfe der aus dieser Ausgleichung gefundenen Werte der Unbekannten wird die Transformation unter Benützung der Differentialformeln (4) durchgeführt. Nach diesem Verfahren erhalten wir die Koordinaten auf 0.02 mm genau.

Nachdem nun so die gegenseitige Orientierung vollzogen ist, wird der Maßstab bestimmt, indem man die schiefe Distanz zweier gegebener Punkte mit dem aus den transformierten Plattenkoordinaten zu berechnenden Wert der schiefen Distanz vergleicht. Durch die Transformation haben wir jetzt den Normalfall der Stereophotogrammetrie hergestellt und können daher die Raumkoordinaten der Punkte unter Annahme eines Näherungswertes für die Basis (B) berechnen nach den Formeln für den Normalfall.

Schließlich wird eine Höhenverschiebung Δh und je eine Drehung um zwei in der Horizontalebene gelegene senkrechte Achsen im Anschluß an die drei gegebenen Punkte rechnerisch ermittelt. Nach Berichtigung des Maßstabes hat man für jeden Höhenpunkt eine Fehlergleichung von der Form $+ Y d\xi + X d\eta + \Delta h - (H_{\text{soll}} - H) = v.$

Aus mindestens 3 Punkten erhält man hieraus die absolute Höhennullpunktsverschiebung Δh, sowie die Drehungen $d\xi$ und $d\eta$ um die X- und die Y-Achse, welche das Raummodell in die richtige Orientierung zum Lot bringen. Die Größe $d\eta$ muß durch nochmalige Transformation an *beiden* Platten als $\Delta\varphi$ angebracht werden, die Größe $d\xi$ ebenso als $\Delta\omega$. Damit wird nun auch das bisher fest belassene ω_L richtig gestellt;

wir haben nun i. A. nicht mehr einen Normalfall, sondern einen Verschwenkungsfall.

Damit ist die Orientierung zum Lot für das Aufnahmepaar abgeschlossen. Wenn mehr als 3 Festpunkte vorliegen, so wird eine Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt zur Bestimmung von $d\xi$, $d\eta$ und Δh.

Wenn es für jedes Plattenpaar mindestens 3 Festpunkte trifft, so kann das im vorstehenden skizzierte Verfahren für jedes Paar durchgeführt werden.

Wenn aber festpunktlose Räume zu überbrücken sind, so werden, nachdem das I. Paar orientiert ist, für Punkte am Rande des Gebietes des I. Plattenpaares rechnerisch Lage und Höhe von 3 geeigneten Punkten ermittelt. Mit deren Hilfe wird das II. Paar orientiert usf.

Nach einer gewissen Zahl solcher Folgebildanschlüsse wird man wieder direkt bestimmte Punkte antreffen. Indem man sich an diese anschließt, werden die dazwischen bestimmten Paare ausgeglichen.

Da nun für jede Platte die Orientierung zum Lot und damit die Nadirdistanz der Kammerachse und ihre Richtung bekannt sind, werden die Aufnahmen entzerrt. Der Maßstab wird so gewählt, daß das Affinitätsverhältnis für alle Aufnahmen dasselbe wird.

Darüber finden wir folgendes:

f = Bildweite der Weitwinkelaufnahme = 53.5mm,

f_1 = Bildweite der Autographenkammer, für den Wildautographen = 165 mm.

Wenn die ganze Aufnahme der zusammenphotographierten Weitwinkelaufnahme vom Format 267.5 × 267.5 mm² auf die Autographenplatte gebracht werden soll, deren auswertbares Format 120 × 120 mm² beträgt, so wird das Affinitätsverhältnis

$$\kappa = \frac{53.5 \times 120}{165 \times 267.5} = 0.1455 = 1/6.875.$$

Mit Rücksicht auf die Ueberdeckungen wird aber normalerweise nur ein Ausschnitt aus der Weitwinkelaufnahme am Autographen ausgewertet werden müssen, und nur diesen Ausschnitt haben wir umzuphotographieren. Wenn wir mit 30 % Seitenüberdeckung und mit 75 %iger Längsüberdeckung rechnen, so muß ein Format von 187.25 × 200.625 mm² übertragen werden. Uebertragen wir wieder auf das quadratische Format, so wird

$$\kappa = \frac{53.5 \times 120}{165 \times 200.625} = 0.19394 = 1/5.156.$$

Geht man mit dem Format der umphotographierten Platte auf 123.75 mm herauf, so wird $\kappa = 0.200000 = 1/5.000$, ein bequemer runder Wert.

Hier ist nun zu untersuchen, wie die umphotographierten Aufnahmen in den Autographen eingelegt werden müssen.

Wir nehmen an, daß die Orientierung zum Lot durch das vorangehende Rechenverfahren genau erfolgt sei; dagegen wollen wir an-

nehmen, daß die beiden Stationen verschiedene Meereshöhe haben. Es sei

$$H_R - H_L = b_H.$$

Wir haben es also mit verschwenkten Aufnahmen zu tun

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{b_H}{b}$$

$$\sin \psi = \frac{b_H}{b_s}$$

Wir legen durch L ein rechtwinkliges Koordinatensystem
X-Achse in Richtung von b
Z-Achse horizontal, normal zur X-Achse
Y-Achse lotrecht.

Bezeichnen wir die Plattenkoordinaten, bezogen auf den Hauptpunkt als Anfang und die Schnittlinie der Vertikalebene durch die Basis (XY-Ebene) als y-Achse mit x und y so haben wir für die Raumkoordinaten

$$Y = \frac{b_s \cdot f\left(\cos \psi \pm \frac{x_l}{f} \sin \psi\right)}{x_l - x_r} = \frac{bf\left(1 \pm \frac{x_l}{f} \operatorname{tg} \psi\right)}{x_l - x_r}$$

$$X = \frac{x_l}{f} Y; \qquad Z = \frac{y_l}{f} Y.$$

Nun wollen wir die Aufnahmen ähnlich umphotographieren, der Aehnlichkeitsfaktor sei a, und sie in die Autographenkammer von der Bildweite f_1 einlegen.

Dann wird das Affinitätsverhältnis

$$\kappa = a \frac{f}{f_1} = \frac{f}{\left(\frac{f_1}{a}\right)}$$

Setzen wir $\frac{f_1}{a} = F$ so wird also:

$$\kappa = \frac{f}{F} = \frac{1}{1} \cdot \frac{f}{F}$$

Wir erhalten also dasselbe Affinitätsverhältnis, wenn wir die Aufnahmen aus der Weitwinkelkammer unverändert in eine Kammer mit der Bildweite F einlegen und das Porro-Koppesche Bildmeßprinzip anwenden.

Der einfacheren Darstellung wegen wollen wir die Sache in der Folge so auffassen.

Es stellt sich nun die Frage, was für eine Basis wir am Autographen einlegen müssen, damit X' und Z', die Horizontalkoordinaten, gleich X und Z werden. Der Einfachheit halber nehmen wir das Maßstabverhältnis am Autographen gleich 1 : 1 an, was natürlich praktisch nicht möglich ist.

Wir haben

$$X' = \frac{x_l}{F} Y' = X = \frac{x_l}{f} Y$$

$$Z' = \frac{y_l}{F} Y' = Z = \frac{y_l}{f} Y$$

Daraus folgt übereinstimmend

(6) $$\frac{Y'}{Y} = \frac{F}{f} = \frac{1}{\kappa}$$

Es ist anderseits:

$$Y' = \frac{bs' \cdot \cos\psi' \left(1 \pm \frac{xl}{F} \operatorname{tg}\psi'\right) F}{xl - x_r}$$

und

$$Y = \frac{b_s \cdot \cos\psi \left(1 \pm \frac{xl}{f} \operatorname{tg}\psi\right) f}{xl - x_r}$$

Daraus folgt:

$$\frac{Y'}{Y} = \frac{b_s' \cos\psi' \cdot F \left(1 \pm \frac{xl}{F} \operatorname{tg}\psi'\right)}{b_s \cos\psi \cdot f \left(1 \pm \frac{xl}{f} \operatorname{tg}\psi\right)}$$

Da nach dem vorigen [Formel (6)]

$$\frac{Y'}{Y} = \frac{1}{\kappa} = \frac{F}{f} = \text{konstant sein muß, unabhängig}$$

von xl, so muß

$$b_s' \cos\psi' = b_s \cos\psi, \text{ d. h. } \underline{\underline{b' = b}} \qquad (7)$$

und

$$\frac{\operatorname{tg}\psi'}{F} = \frac{\operatorname{tg}\psi}{f} \text{ sein.}$$

Da aber

$$\operatorname{tg}\psi' = \frac{b_H'}{b'}; \quad \operatorname{tg}\psi = \frac{b_H}{b}$$

und $b' = b$ ist, so wird

$$\frac{\operatorname{tg}\psi'}{\operatorname{tg}\psi} = \frac{b_H'}{b_H} = \frac{1}{\kappa}.$$

Also ist:

(8) $$\underline{\underline{b_H' = b_H \cdot \frac{1}{\kappa}.}}$$

Daraus folgt, daß man am Autographen dieselbe Horizontalprojektion b' einzustellen hat, wie bei der Originalaufnahme.

Dagegen ist b_H' im Verhältnis des reziproken Affinitätsverhältnisses einzubringen, in welchem Verhältnis auch die Y' zu Y stehen.

Das im Autographen erzeugte affine Raummodell ist also in Richtung der Lotlinie $\frac{1}{\kappa}$-fach erweitert.

(Schluß folgt.)

Schweizerischer Geometerverein.

Geschäftsbericht für das Jahr 1932.

1. Allgemeines.

Das Jahr 1932 brachte dem Zentralverband einen Zuwachs von 41 Mitgliedern. Ein Gesuch des Vermessungstechnikerverbandes an den Bundesrat, es sei neben dem Akademikergeometer ein dipl. Vermessungs-