25 98 t II ex.

P. 29/32

Bildmessung und Luftbildwesen

Deutsche und österreichische Fachzeitschrift
unter Mitarbeit der
Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie
Herausgegeben von R. Reiss G. m. b. H., Liebenwerda, Prov. Sachsen.
Schriftleiter: Hermann Blumenberg, Vermessungsingenieur, Hannover 1 Süd, Freytagstraße 14 I, Fernruf 80897.

7. Jahrg. | September 1932 | Heft 3

Inhalt

Die fünfte Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V., Seite 97 / Entzerrung von Luftbildern durch Horizontbildvermessung und Verfahren zur Herstellung von Luftbildplänen, Seite 98 / Beiträge zur Nahphotogrammetrie, Seite 109 / Die Anwendung der Bildmessung für die Bestimmung von Seilkurven bei Seilfähren und Seilbahnen, Seite 116 / Ein neues Universal-Auswertegerät für beliebige Aufnahmen (Universal-Stereograph), Seite 123 / Die ersten luftphotogrammetrischen Arbeiten des Militär-Geographischen Instituts in Rumänien mit Hugershoffschen Geräten, Seite 128 / Zur Ausfüllung „weißer Flecke" bei photogrammetrischen Aufnahmen durch Meßtischtachymetrie, Seite 131 / Beabsichtigte Anwendung der Photogrammetrie bei einem Aequatorfluge, Seite 138. Berichtigung, Seite 140 / Kleine Mitteilungen, Seite 141. Vereinsnachrichten, Seite 143

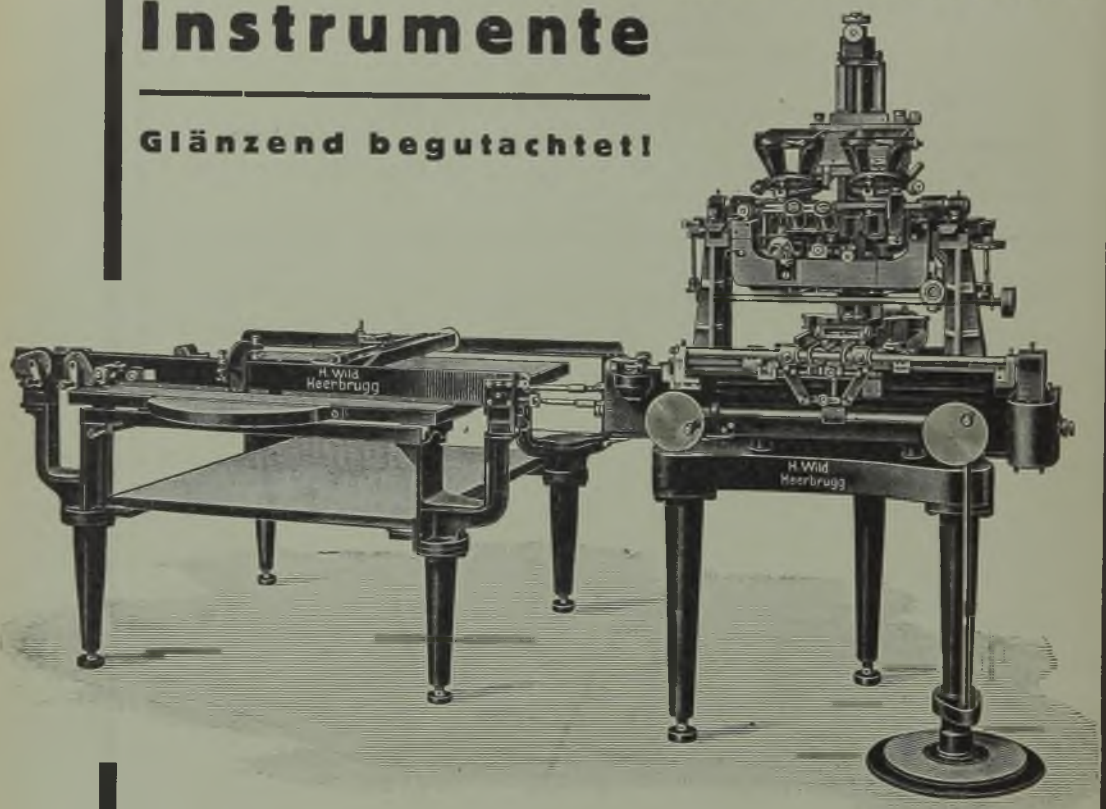
Wichtige Adressen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie:
Postscheckkonto: Berlin Nr. 28456, Deutsche Ges. f. Photogramm., Berlin NW 21. Kassierer: J. Unte, Berlin NW 21, Emdener Straße 50. Reklamationen und Nachbestellung von Druckschriften sind zu richten an: Geschäftsstelle des D. V. W. (Vermessungsrat Böttcher), Charlottenburg 2, Grolmanstraße 32/33, II links.

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

WILD

Photogrammetrische Instrumente

Glänzend begutachtet!



Stereo-Autograph, Modell 1931

Auswertung von terrestrischen und Fliegeraufnahmen — Automatisches Zeichnen von Plänen und Karten in beliebigen Maßstäben

A.-G. Heinrich Wild

Vertreter: Gebr. Wichmann m. b. H., Berlin NW 6, Karlstraße 13—14

526.418

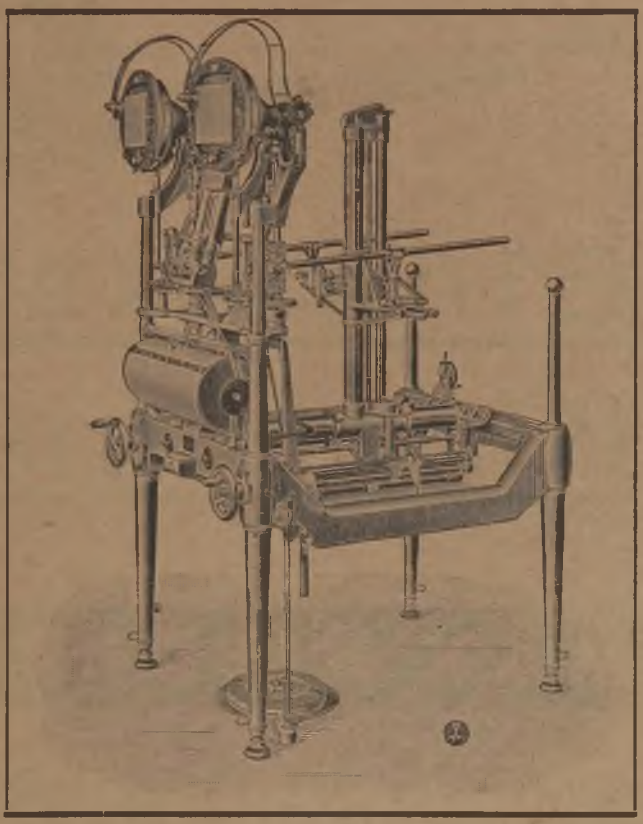
28 Länder

kauften bisher von unseren verschiedenen
präzis, rasch und daher

wirtschaftlich arbeitenden
automatischen
Stereo-Kartierungsgeräten

74 Stück

2598 Ex.

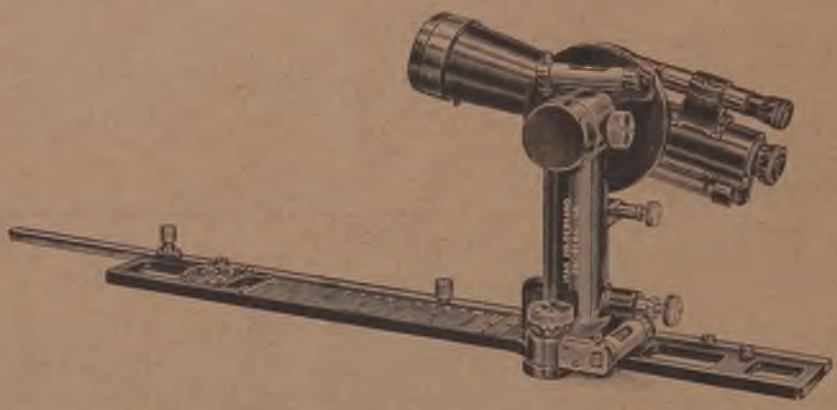


Der Aerokartograph

ZEISS-AEROTOPOGRAPH G.M.B.H.
JENA

Zur Ausfüllung **„weißer Flecke“ hervorragend geeignet** ist die

neue



Einheits-Kippregel

von

MAX HILDEBRAND

früher August Lingke & Co. / G.m.b.H.
FREIBERG IN SACHSEN
Werkstätten für wissenschaftliche
Präzisions-Instrumente / Gegr. 1791

BIBLIOTEKA G. POLITECHNIKI Gliwice

Bildmessung und Luftbildwesen

Deutsche und
österreichische Fachzeitschrift
unter Mitarbeit der
Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie
Nachdruck von Originalartikeln nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet
Schriftleiter: Hermann Blumenberg, Vermessungsingenieur, Hannover 1 Süd, Freytagstraße 14 I, Fernruf 80897

Manuskripte für Aufsätze und Fachberichte für das nächste Heft bitten wir bis zum 20. Okt. 1932 an Ober-Reg.-Rat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Straße 1, zu senden
Die Schriftleitung

7. Jahrg.	September 1932	Nr. 3

Die fünfte Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie e. V.

findet am **Freitag, dem 28., und Sonnabend, dem 29. Oktober 1932** in der Technischen Hochschule zu Berlin-Charlottenburg (zwischen Stadtbahnhof Tiergarten und Untergrundbahnhof Knie) statt. Sie ist mit der

Ausstellung über die Ergebnisse der Forschungsfahrt mit dem Luftschiff „Graf Zeppelin" der Aeroarktik

verbunden. Gleichzeitig wird auf die vom 1. bis 28. Oktober in den Ausstellungshallen zu Berlin-Witzleben stattfindende **Luft-Sport-Ausstellung** hingewiesen.

Programm der Hauptversammlung
(vorbehaltlich etwa nötiger Aenderungen):

Freitag, den 28. Oktober:

Vormittags: Vorträge im Saal 158 des Hauptgebäudes der Hochschule:

9.30: Nowatzky, leitender Photogrammeter des Reichsamtes für Landesaufnahme: Luftbildmessungen dieses Reichsamtes, Arbeiten, Methoden, entstandene Schwierigkeiten und Verbesserungsvorschläge.

10.30: Dr. Prager, Landesbergbaurat (Landesplanung der Rheinprovinz): Förderung des Luftbildwesens in der Rheinprovinz.

11.30: Dr. Sarnetzky (Stadtvermessungsamt Essen): Die Verwertung der zusammenhängenden Schrägaufnahmen, Senkrechtaufnahmen und ausgewerteten Pläne im Maßstab 1 : 1000 bei der Stadtverwaltung Essen.

Nachmittags (in Abänderung des vorläufigen Programms, B. u. L. 2/32 S. 96):

15.30: Besichtigung der Ausstellung über die Forschungsergebnisse der Zeppelin-Fahrt in die Arktis vom August 1931. Diese Ausstellung ist von der Aeroarktik (Ges. für Erforschung der Arktis mit Luftfahrzeugen) gemeinsam mit der Deutschen Ges. für Photogrammetrie bearbeitet worden. Sie findet im Chem. Ausstellungsgebäude im Park der Technischen Hochschule statt. — Vorgesehen sind Erläuterungen zu den Arbeitsergebnissen der photogrammetrischen Aufnahmen und Auswertungen durch Vertreter der Firmen: Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. und Photogrammetrie G. m. b. H.

17.30: Hauptversammlung der Deutschen Ges. für Photogrammetrie im Saal 158. Tagesordnung: 1. Jahres- und Kassenbericht des Vorstandes; 2. Entlastung des Vorstandes; 3. Neuwahl des Vorstandes; 4. Bericht über die Wiener Delegiertenbesprechung betr. Vorbereitung des Photogrammeterkongresses Paris 1934.

Abends: 20 Uhr zwangloses Beisammensein im Landwehrkasino, Jebenstraße, am Stadtbahnhof Zoologischer Garten.

Sonnabend, den 29. Oktober:

Vormittags: Vorträge im Saal 158 des Hauptgebäudes der Hochschule:

9.30: Prof. Dr. Hugershoff: Gegenwärtiger Stand und Aussichten der Photogrammetrie als Hilfsmittel der Forstvermessung und Forsttaxation.

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

10.30: Oberingenieur K. Slawik: Die Uebernahme von Auslandsaufträgen im Lichte wirtschaftlicher Betrachtung.

11.30: Prof. Dr. von Gruber: Praktische Erfahrungen bei Verwendung der Zeiss-Aerotopograph-Geräte für Plan- u. Kartenherstellung in den Maßstäben 1 : 1000 bis 1 : 200 000. Stereo-Orientierung bei einfachen und schwierigen Verhältnissen.

Bemerkungen:

1. Frühzeitige Anmeldung, insbesondere für das Zusammensein im Landwehrkasino, bei Herrn Oberreg.-Rat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Straße 1, ist erbeten.
2. Die Ausstellung der Aeroarktik gliedert sich in folgende Abteilungen: Historische Entwicklung, Navigation, Luftschiffbau Zeppelin, radioelektrische Abteilung, Meteorologie, Erdmagnetismus, Luftbildaufnahme und Luftbildmessung (Aerogeodäsie), Polarausrüstung.
   Die Aerogeodätische Abteilung soll vor allem zeigen: die bei der Arktisfahrt 1931 gemachten photogrammetrischen Aufnahmen (vgl. Bildmessung 4/31 S. 146 u. folg.), sowie die danach hergestellten Auswertungen und dafür benutzten Geräte.
   Die Ausstellung wird etwa bis 10. November in der Zeit von 10 bis 15.30 Uhr geöffnet sein. Es ist vorgesehen, daß für die einzelnen Fachgebiete Vorträge gehalten werden. Näheres hierüber wird seitens der Aeroarktik, Geschäftsleiter: Hptm. a. D. Dr. Bruns, Neubabelsberg bei Berlin, Schillerstraße 5, bekanntgegeben werden.
3. Für die Vorträge der Hauptversammlung wird keine Teilnehmergebühr erhoben.

Entzerrung von Luftbildern durch Horizontbildvermessung und Verfahren zur Herstellung von Luftbildplänen

Von Ing. Hauptmann K. G. Löfström, Helsingfors.

Bei der Herstellung von Luftbildplänen geschieht die Entzerrung der einzelnen Luftbilder im allgemeinen unter Verwendung von Paßpunkten. Weil das Einmessen eines genügend dichten und in den Luftbildern deutlich erscheinenden Paßpunktnetzes, besonders in waldigen und unbewohnten Gegenden, auf große Schwierigkeiten stößt und deshalb die Bildplanherstellung verteuert, hat man in Finnland, wie auch in manchen anderen Ländern, Auswege suchen müssen, um die nötigen Geländemessungen zu verringern und dadurch die Luftbildnerei für die Landesaufnahme in vollem Maße ausnützen zu können. Diese Bestrebungen haben auch in Finnland nach mehrjährigen Versuchen zu gutem Erfolg geführt.

Bei der finnischen Artillerie ist unter Leitung von General V. Nenonen ein neues Verfahren ausgearbeitet worden, unter Verwendung dessen man Luftbildpläne auf Grund eines verhältnismäßig spärlichen Fixpunktnetzes herstellen kann.

Das neue Verfahren gründet sich auf Bestimmung der Kippung und Verschwenkung der Luftbilder, d. h. der Bildneigung, auf direktem Wege durch eine kombinierte Horizontbild- und Libellenausschlag-Vermessung. Die so erhaltene Bildneigung erlaubt die Entzerrung der Aufnahmen, wenn nur eine Strecke (Basis) in jeder Aufnahme bekannt ist. Das Verfahren ist noch dadurch weiterentwickelt worden, daß es gelungen ist, ein Statoskop zu bauen, das die Beibehaltung einer unveränderlichen Flughöhe während des Aufnahmefluges mit hinreichender Genauigkeit ermöglicht. Die jeweilige Flughohe kann einfach mittels einer oder einiger eingemessener Strecken oder Fixpunkte bestimmt werden, und alle Aufnahmen des Fluges können auf Grund bekannter Bildneigung und Aufnahmehöhe im gewünschten Maßstabe entzerrt werden.

Das vorliegende Verfahren ist in Finnland schon vier Jahre lang zur praktischen Arbeit verwendet worden, wobei einige tausend qkm Luftbildplan im Maßstab 1 : 20 000 hergestellt wurden, und ist für Bildplanherstellung in wenig vermessenen Gebieten besonders geeignet.

Im folgenden werden die verschiedenen Teile des Verfahrens zuerst einzeln behandelt, dann wird eine kurze Uebersicht über die praktische Ausführung des Verfahrens gegeben.

Bestimmung der Bildneigung.

Abb. 1 zeigt schematisch die Kammer-Konstruktion, die in der Praxis benutzt wird. Die photographische Platte oder der Film N und das Objektiv O_1 bilden die eigentliche Geländekammer, die bei der Aufnahme möglichst lotrecht nach unten gerichtet ist. Auf zwei Seiten der Geländekammer sind weitere Objektive O_2 und O_3 angeordnet, die mittels entsprechender Prismen P auf dieselbe Platte zwei normal zueinander und

horizontal gerichtete Aufnahmen abbilden. Außerdem enthält die Kammer eine Dosenlibelle (T), die durch ein viertes Objektiv (nicht gezeigt) in einer Ecke der Platte N abgebildet wird. Die Exponierung geschieht gleichzeitig durch alle vier Objektive.

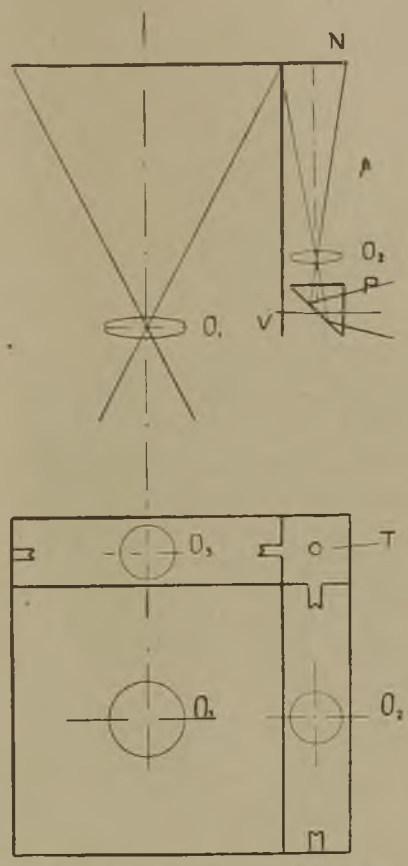


Abb. 1. Schema der Kammerkonstruktion.

Die horizontal aufgenommenen Horizontbilder werden teils Erde und teils Himmel aufweisen. Auf Aufnahmen z. B. aus einer Höhe von 3000 m wird die Grenzlinie dieser beiden, d. h. die Horizontlinie, in einem Abstand von etwa 240 km liegen. Mit gewöhnlichen Mitteln wäre es im allgemeinen unmöglich, diese Grenzlinie oder andere so ferne Einzelheiten auf die photographische Platte zu bringen (vgl. den Aufsatz von Boer in „Bildmessung und Luftbildwesen", Jahrg. 1928). Durch Verwendung von panchromatischem Negativmaterial und kräftigem Rotfilter, z. B. einem, welches nur Licht von größerer Wellenlänge als 600 $\mu\mu$ durchläßt, wird dieses dennoch erreicht. Dabei erscheint die Horizontlinie, bei freiem Himmelsrand, im Horizontbilde als eine deutliche und verhältnismäßig scharfe Grenzlinie zwischen Himmel und Erde. Diese Linie kann in der Praxis als gerade und horizontal angenommen werden, wenn sie auch wegen der Erdkrümmung eine gewisse Durchbiegung aufweist. Meistens erscheint im Horizontbildnegative die Erde hell und der Himmel dunkel, aber bisweilen, wenn die Luft sehr dunstig ist, können die Verhältnisse auch umgekehrt sein. In beiden Fällen wird jedoch die Grenzlinie eindeutig sichtbar. Wenn der Himmel oder Himmelsrand von Wolken bedeckt ist, wird die eigentliche Horizontlinie im allgemeinen nicht mehr sichtbar. Wenn die Wolkenschicht niedriger liegt als das Flugzeug, kann man den Wolkenhorizont in den Horizontbildern erblicken: aber meistens werden die Horizontbilder dann gerade oder gebogene Wolkenlinien, Wolkenfiguren oder dergleichen aufweisen. Für das vorliegende Messungsverfahren ist das Erscheinen der wirklichen Horizontlinie in den Horizontbildern, wenn auch vorteilhaft, nicht unbedingt nötig, sondern die Hauptsache ist, daß in den Horizontbildern beliebige, eindeutig erkennbare Einzelheiten auftreten. Dieses ist auch immer durch Verwendung von panchromatischem Aufnahmematerial und Rotfilter erreicht worden.

Zuerst soll angenommen werden, daß die wirkliche Horizontlinie in den Horizontbildern erscheint. Abb. 2 zeigt eine mit der vorliegenden Kammer gemachte Aufnahme (verkleinert 1 : 2), auf deren Horizontbildern die Horizontlinie deutlich zu erkennen ist. Die Meßmarken E in Abb. 3 sind in der Kammer so angeordnet, daß deren Verbindungslinie, die Meßlinie e, die Lage der Horizontlinie (für eine mittlere Aufnahmehöhe berechnet) in dem Falle darstellt, daß die optische Achse der Geländekammer bei der Aufnahme lotrecht nach unten gerichtet war. Die Neigung der sichtbaren Horizontlinie in bezug auf die Meßlinie kann nun durch eine einfache Winkelmessung in den beiden Horizontbildern bestimmt werden (vgl. Abb. 3). Die so erhaltenen Winkel α und β stellen die Neigungskomponenten der Platte N in den entsprechenden Richtungen a—a und b—b mit praktisch genügender Genauigkeit dar[1].

---

[1] Die exakten Neigungskomponenten können gegebenenfalls auf Grund der gemessenen Winkel α und β aus den folgenden Formeln berechnet werden:

$$\sin \alpha_{ex} = \sin \alpha \frac{\cos \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}} \qquad \sin \beta_{ex} = \sin \beta \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}}$$

Es soll bemerkt werden, daß diese beiden Neigungskomponenten schon gewissermaßen mittels eines einzigen Horizontbildes (z. B. Bild A) bestimmt werden können, denn die Neigung der Horizontlinie relativ zur Meßlinie gibt die eine Neigungskomponente (α in der Richtung a—a) und die vertikale Versetzung derselben in bezug auf die Meßlinie e (Δa) gibt die andere Neigungskomponente (β in der Richtung b—b). Um genauere Resultate zu erreichen, werden die Neigungskomponenten aus den beiden Horizontbildern gemessen, und das erwähnte Verhältnis wird zur Kontrolle der erhaltenen Resultate verwendet.

Wenn die Neigungskomponenten der Platte relativ zum Horizont in zwei Richtungen bekannt sind, können Größe und Richtung der größten Neigung, d. h. die Bildneigung, z. B. durch vektorische Zusammenfügung der Komponenten oder für größere Winkel aus deren Sinuswerten, bestimmt werden (Abb. 4). Mit Beachtung des Vorzeichens wird α in Richtung der Achse a—a und β in Richtung der Achse b—b gelegt, wobei ω die Größe und δ die Richtung der größten Neigung darstellt.

Wenn die wahre Horizontlinie in den Horizontbildern von Wolken bedeckt ist, kann die Bildneigung nicht mehr mittels der Horizontbilder allein bestimmt werden. Die Horizontbildvermessung wird dann in folgender Weise durchgeführt:

Abb. 2. Aufnahme mit Horizontbildern und Libellenabbildung

Weil das Flugzeug während des Aufnahmefluges im allgemeinen längs geraden und parallelen Bahnen hin und her fliegt, werden die entsprechenden Horizontaufnahmen (A resp. B) in jeder Bildreihe hauptsächlich in ein und derselben Richtung gemacht. Die einzelnen Aufnahmen einer solchen Horizontbildreihe werden infolgedessen immer gewisse unveränderliche Einzelheiten, wie Wolkenlinien, Wolkenfiguren oder dergleichen aufweisen, die für alle gemeinsam sind, aber wegen der Neigungsvariationen an verschiedenen Stellen auf den Horizontbildern auftreten. Auf Grund dieser Einzelheiten

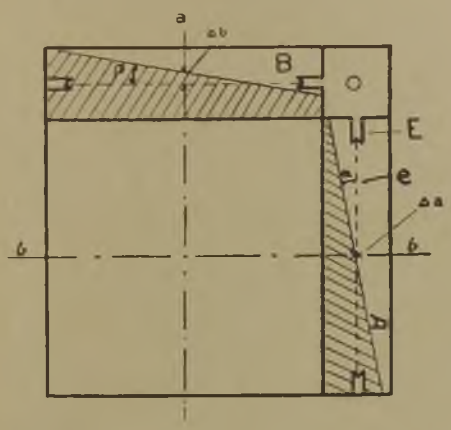


Abb. 3. Ausmessung der Horizontbilder.

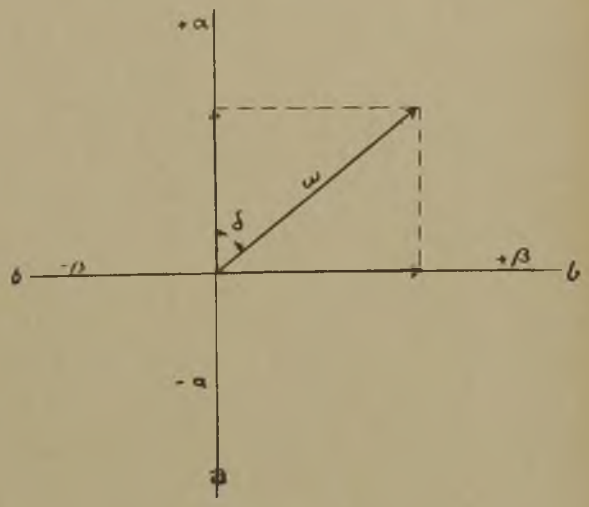


Abb. 4. Bestimmung der Plattenneigung.

wird in den Horizontbildern einer Reihe eine gemeinsame, eindeutig definierbare Komparationslinie ausgewählt, wie z. B. eine Linie, die gewisse Wolkenfiguren tangiert und die gegebenenfalls in jedes Horizontbild eingetragen wird. In derselben Weise wie früher, wenn die wahre Horizontlinie sichtbar war, wird nun der Neigungswinkel dieser Komparationslinie in bezug auf die Meßlinie (e) in jedem Horizontbild gemessen. Die so erhaltenen Winkelwerte (α_r und β_r) stellen die Neigungsvariationen der Meßlinie und also auch der Platte relativ zur Komparationslinie dar. Um die Neigungskomponenten relativ zum Horizont zu erhalten, muß die Neigung der verwendeten Komparationslinie in bezug auf den Horizont erst bestimmt werden. Es geschieht dies im allgemeinen unter Verwendung der mitphotographierten Libellenausschläge oder auch gegebenenfalls auf Grund terrestrischer Messungen.

Aus den Libellenaufnahmen werden die Libellenausschläge in entsprechenden Richtungen abgelesen (α_{lib} in der Richtung a—a und β_{lib} in der Richtung b—b). Dann bildet man die Differenz zwischen dem in bezug auf die Komparationslinie gemessenen relativen Neigungswinkel und dem entsprechenden Libellenausschlage ($\alpha_r - \alpha_{lib} = \Delta\alpha$ bzw. $\beta_r - \beta_{lib} = \Delta\beta$) für jede Aufnahme einer Bildreihe. Die so erhaltenen Differenzen sollten in dem Falle, daß die Libelle einwandfreie Ausschläge gibt, immer in einer Neigungsrichtung gleich groß sein ($\Delta\alpha_1 = \Delta\alpha_2 = \Delta\alpha_3 = \ldots\ldots$ bzw. $\Delta\beta_1 = \Delta\beta_2 = \Delta\beta_3 = \ldots\ldots$) und würden die Neigung der entsprechenden Komparationslinse in bezug auf den Horizont angeben. In Wirklichkeit unterscheiden sich diese Differenzen viel voneinander, denn die Libelle gibt fehlerhafte Ausschläge infolge der Bewegungen des Flugzeuges, der Zentrifugalkraft etc. Es hat sich in der Praxis jedoch erwiesen, daß mehr als die Hälfte der Ausschläge einen Maximalfehler von nur $\pm 30^c$ aufweisen, und wenn man von der erhaltenen Differenzreihe die scheinbar fehlerhaften, extremen Werte ausschließt und den Mittelwert der übrigen nimmt, so erhält man einen Winkelwert, der mit einer Genauigkeit von $\pm 10^c$ die Neigung der verwendeten Komparationslinie in bezug auf den Horizont angibt. Diese Behauptung gründet sich auf die praktische Erfahrung, daß man, wenn die wahre Horizontlinie als Komparationslinie verwendet worden ist, zum Mittelwert wiederholt einen kleineren Winkelwert als $\pm 10^c$ erhalten hat.

Die Komparationslinie wird immer auf Grund möglichst ferner Einzelheiten ausgewählt, um den Einfluß der relativen Vorwärtsbewegung des Flugzeugs auf die Meßergebnisse zu vermindern.

Es soll auch beachtet werden, daß man für die Horizontalbilder jeder zweiten Bildreihe manchmal dieselbe Komparationslinie verwenden kann, wodurch dann der Mittelwert, also die Neigung der verwendeten Komparationslinie auf Grund von sehr vielen Libellenausschlägen bestimmt wird.

Wenn man die von der Verwendung der Libellenausschläge herrührende Unsicherheit, die kleiner als $\pm 10^c$ ist, vermeiden will, kann man auch in folgender Weise verfahren: Eine Aufnahme in jeder Bildreihe wird auf Grund terrestrisch eingemessener Paßpunkte entzerrt und dadurch die entsprechende Bildneigung bestimmt. Die relativ zur Komparationslinie gemessenen Neigungswinkel (α_r und β_r) werden mit den entsprechenden Neigungskomponenten der erhaltenen Bildneigung verglichen, wodurch die exakte Neigung der verwendeten Komparationslinie erhalten wird.

Auf Grund der in beliebiger Weise erhaltenen Neigung der Komparationslinie werden die relativen Neigungswinkel (α_r und β_r) in absolute Neigungswinkel (α und β) korrigiert. Die Bildneigung (ω und δ) wird in der früher dargestellten Weise durch Zusammenfügen der erhaltenen Neigungskomponenten bestimmt.

Was die Genauigkeit des vorliegenden Verfahrens betrifft, kann die erforderliche Winkelmessung schon ohne optische Hilfsmittel mit einer Genauigkeit von 5^c ausgeführt werden, wenn die Meßlinie eine Länge von 13 cm hat. Durch optische Hilfsmittel läßt sich die Genauigkeit noch steigern, aber für Entzerrungszwecke ist schon eine Genauigkeit von 10^c—20^c im allgemeinen ausreichend. Das vorgeführte Korrektionsverfahren mittels Libellenausschlägen hat sich auch in der Praxis so gut bewährt, daß terrestrische Messungen zu diesem Zwecke in keinem Falle nötig gewesen sind.

Im folgenden wird ein praktisches Beispiel über die Vermessungsergebnisse der Horizontaufnahmen und Libellenausschläge von zwei nebeneinander aufgenommenen Bildreihen gegeben. Diese Aufnahmereihen sind aus einer Höhe von etwa 3 300 Meter gemacht und umfassen je 22 Aufnahmen, Nr. 94— 115 und 116—137, was einer Flugstrecke von je etwa 25 km entspricht. In der beigefügten Abbildung 5 sind als Beispiel die beiden Horizontbilder und die Libellenabbildung von Aufnahme 116 dargestellt. Die Horizontaufnahme B ist in der Flugrichtung (vgl. den Sporn des verwendeten Junkers-Flugzeuges in der Mitte der Aufnahme), die Aufnahme A senkrecht dazu gemacht.

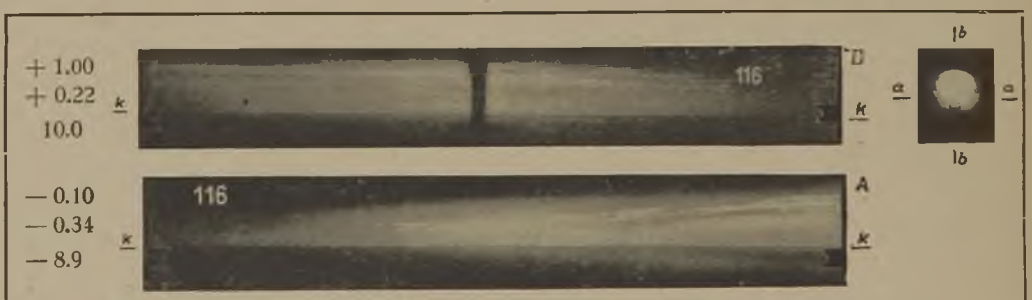


Abb. 5. Zusammengehörige Horizontbilder und Libellenabbildung.

Bei der Horizontbildvermessung hat man die Linien k—k als Komparationslinie verwendet. Die Neigungswinkel α_r und β_r und die Horizonthöhen Δa und Δb sind mit einer geeigneten Gradscheibe ohne optische Hilfsmittel gemessen. Die verwendete Gradscheibe hat eine Neugradteilung mit einem Teilkreisradius von 130 mm. Die Horizonthöhe wird mit derselben Teilung abgelesen, wobei 1 Grad also 2,04 mm Höhe entspricht. Die Nullhöhe ist mit der Zahl 10 bezeichnet.

Die Libellenausschläge α_{lib} und β_{lib} sind in entsprechenden Richtungen (a—a und b—b) mittels eines Komparators gemessen.

In Abbildung 6a sind die aus den Horizontaufnahmen A (B) gemessenen Neigungswinkel α_r (β_r) als Ordinaten und die entsprechenden Horizonthöhen Δb (Δa) der Horizontaufnahmen B (A) als Abszissen für die Aufnahmereihe Nr. 116—137 aufgetragen. Wegen der tangentialen Beziehung dieser Größen (eine Neigung α verursacht eine Veränderung von $f_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha = \Delta b$ in der Höhenlage der Komparationslinie im Horizontbilde B, wenn f_2 gleich der Brennweite des Horizontobjektivs ist) sollten die Punkte auf einer geraden Linie La (Lb) liegen. Die Abweichungen stellen die Messungsfehler dar und können gegebenenfalls durch erneute Messung auf das zulässige Maß korrigiert werden.

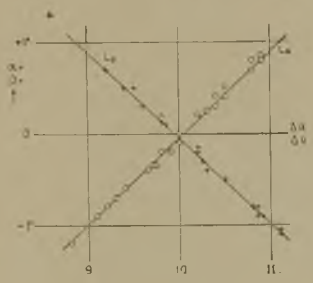


Abb. 6a. Neigungswinkel der Komparationslinie.

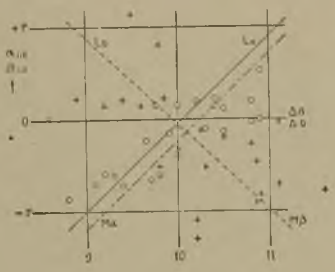


Abb. 6b. Libellenausschläge.

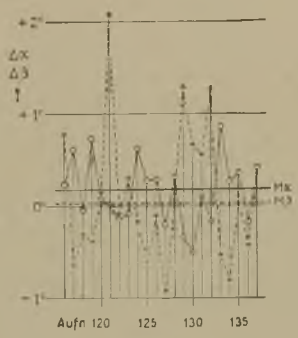


Abb. 6c. Abweichungen der Differenzen vom Mittelwert.

In Abbildung 6b sind statt der Neigungswinkel α_r (β_r) die Libellenausschläge α_{lib} β_{lib} in entsprechender Weise mit den Horizonthöhen Δb (Δa) für dieselbe Aufnahmereihe aufgetragen. Die Punkte sollten ebenso auf einer geraden Linie M_α (M_β) liegen, die entweder mit der Linie La (Lb) zusammenfällt, wenn die Komparationslinie horizontal liegt, oder mit derselben parallel ist, wenn die Komparationslinie eine Neigung gegen den Horizont aufweist. Die Abweichungen von der geraden Linie sind sehr groß, aber man kann doch eine gewisse Gruppierung der Punkte wahrnehmen. Um dieses noch deutlicher darzustellen, sind in Abb. 6c die Differenzen zwischen den Neigungswinkeln und den entsprechenden Libellenausschlägen ($\alpha_r - \alpha_{lib} = \Delta\alpha$ bzw. $\beta_r - \beta_{lib} = \Delta\beta$) als Ordinaten, die Aufnahmen selbst als Abszissen aufgetragen. Die Gruppierung der Punkte um die Linie M_α (M_β), die den Mittelwert der Differenzen darstellt, ist jetzt deutlich wahrzunehmen.

Ganz entsprechend wurde für die andere Aufnahmereihe verfahren.

Die Diagramme Abb. 6a und 6b werden bei der praktischen Arbeit immer für jede Aufnahmereihe gezeichnet, weil die eventuellen Meßfehler in ihnen gleich hervortreten und die Diagramme dadurch eine wirksame Kontrolle ermöglichen. Aus diesen Diagrammen kann man auch die Genauigkeit der Winkelmessungen in bezug auf die Komparationslinie beurteilen.

Um die Neigung der verwendeten Komparationslinie auf Grund der Libellenausschläge zu bestimmen, wird zuerst der arithmetische Mittelwert der Differenzen $\left(x_\alpha = \frac{\Sigma \Delta\alpha}{n} \text{ resp. } x_\beta = \frac{\Sigma \Delta\beta}{n} \right)$ berechnet. Nachher werden die von diesem Mittelwert über $\pm 30'$ abweichenden Differenzen ausgeschaltet. Der Mittelwert der übrigen zeigt die Neigung der verwendeten Komparationslinie an und damit können die in bezug auf diese Linie gemessenen Neigungswinkel nötigenfalls korrigiert werden.

Wie aus dem Diagramm Abbildung 6c hervorgeht, sind die Abweichungen der Differenzen von dem Mittelwert (Sollwert) viel größer in der Richtung b—b als in der Richtung a—a. Dies läßt sich dadurch erklären, daß die Veränderungen des Flugkurses und der Querlage des Flugzeuges, die am häufigsten sind, eben diese Abweichungen (b—b) quer zur Flugrichtung hervorrufen, während dagegen Veränderungen in der

Längslage des Flugzeugs und in der Fluggeschwindigkeit seltener vorkommen. Ueber die Hälfte der Ausschläge zeigen jedoch kleinere Abweichungen als $\pm 30^c$ vom Sollwerte.

Um die Genauigkeit der einzelnen Libellenausschläge und die Genauigkeit des Mittelwerts beurteilen zu können, sind für den vorliegenden Fall folgende Größen ausgerechnet und in der beiliegenden Tabelle dargestellt worden:

n = die Anzahl der verwendeten Differenzen $\Delta\alpha$ und $\Delta\beta$.

$\frac{\Sigma \Delta\alpha\,(\Delta\beta)}{n} = x$ = der arithmetische Mittelwert der Differenzen.

$x - \Delta\alpha\,(\Delta\beta) = v$ = die Abweichung der Differenzen vom Mittelwert.

$\pm\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}} = m$ = der mittlere Fehler eines Libellenausschlages.

$\frac{m}{\sqrt{n}} = M$ = der mittlere Fehler des Mittelwertes.

$0.674\,M = r_M$ = der wahrscheinliche Fehler des Mittelwertes.

Aufnahme Nr.	Neig.-Richtung	Alle Differenzen beachtet					Differenzen über $\pm 30'$ ausgeschaltet				
		n	x	± m	± M	± r_M	n	x	± m	± M	± r_M
94 — 115	a — a	22	+ 0.38^g + 20^c	0.39^g 21^c	0.08^g 4^c	0.06^g 3^c	21	+ 0.32^g + 17^c	0.21^g 11^c	0.05^g 3^c	0.03^g 2^c
	b — b	22	— 0.41^g — 22^c	0.75^g 40^c	0.16^g 9^c	0.11^g 6^c	11	— 0,54^g — 29^c	0.29^g 16^c	0.09^g 5^c	0.06^g 3^c
116 — 137	a — a	22	+ 0.19^g + 10^c	0.35^g 19^c	0.07^g 4^c	0.05^g 3^c	19	+ 0.19^g + 10^c	0.21^g 11^c	0.07^g 4^c	0.05^g 3^c
	b — b	22	+ 0.11^g + 6^c	0.76^g 41^c	0.16^g 9^c	0.11^g 6^c	14	+ 0.03^g + 2^c	0.28^g 0.15^c	0.08^g 4^c	0.05^g 3^c

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, verändern sich die Werte von x (Neigung der Komparationslinie) einigermaßen nach Ausschaltung der Grenzwerte, und man sollte mit großer Wahrscheinlichkeit die geänderten x-Werte als genauer annehmen können. Wenn man die praktische Bedeutung der erhaltenen Werte von x näher betrachtet, sieht man, daß die Komparationslinie in den Horizontaufnahmen B Nr. 94—115 nach den Libellenausschlägen eine Neigung von -29^c relativ zum Horizont hat. Dieses läßt sich auch durch genaueres Betrachten der Aufnahmen feststellen, weil eine Wolkenschicht am rechten Ende die Komparationslinie von der wahren Horizontlinie entfernt hat. In den Horizontaufnahmen A derselben Reihe Nr. 94—115 kann man auch wahrnehmen, daß die wegen ihrer Deutlichkeit als Komparationslinie gewählte Wolkenlinie eine positive Neigung in bezug auf die wahre Horizontlinie aufweist, d. h. eine Neigung in demselben Sinne wie der entsprechende Mittelwert der Libellenausschläge, $x = +17^c$, zeigt. Die gemessenen Neigungswinkel α und β dieser Reihe müssen mit den entsprechenden Werten -17^c und $+29^c$ korrigiert werden, um die Neigungskomponenten relativ zum Horizont zu erhalten.

Bestimmt man für die Aufnahmereihen den mittleren Fehler des Libellenausschlags, so ergibt sich, daß dieser in der Flugrichtung, a—a, etwa $\pm 20^c$ und in der Querrichtung, b—b, etwa $\pm 40^c$ beträgt. Wenn man noch die einzelnen Abweichungen von über $1^g 30^c$ beachtet (vgl. Abb. 6c), kann man die Unmöglichkeit der Entzerrung einfach auf Grund der Libellenausschläge einsehen. Der Mittelwert dagegen zeigt einen mittleren Fehler (M) von nur $\pm 4^c$ und $\pm 9^c$ bzw. nach Ausschaltung der Grenzwerte $\pm 3^c$ und $\pm 5^c$ in den genannten Richtungen. Der wahrscheinliche Fehler (r_M) beträgt etwa 2^c—3^c. Der Mittelwert der Libellenausschläge läßt sich also mit für Entzerrung genügender Genauigkeit zur Bestimmung der Neigung der Komparationslinie in der dargestellten Weise verwenden.

Beibehaltung einer konstanten Flughöhe während des Aufnahmefluges.

Die exakte Bestimmung einer erwünschten Aufnahmehöhe ist zur Zeit mit den vorhandenen Instrumenten noch nicht möglich. In den letzten Jahren hat man jedoch besondere Differentialhöhenmesser oder Statoskope gebaut, welche in einem kleineren Höhenintervalle die Höhendifferenzen mit einer verhältnismäßig großen Genauigkeit angeben. Solche Apparate sind z. B. das Statoskop der Askania-Werke und der Flughöhenmesser System Paulin, welche die Höhenmessung in bezug auf eine erwünschte Nullhöhe mit einer Genauigkeit von 1—2 Meter zulassen sollen. In der Praxis haben sich diese Apparate wegen ihrer mechanischen Konstruktion jedoch nicht so gut bewährt wie ein von Dr. V. Väisälä in Finnland, Helsingfors, gebautes Flüssigkeits-Statoskop, dessen Konstruktion in der finnischen Zeitschrift „Maanmittaus" (Jahrg. 1931, S. 17—18) dargestellt ist. Dieses Statoskop ist so empfindlich, daß ein Höhenunterschied von 1 Meter einen Ausschlag von über 1 Millimeter in der als Manometer dienenden Flüssigkeitssäule verursacht. Andererseits ist die Flüssigkeitssäule sehr unempfindlich gegen Erschütterungen, was das Ablesen im Flugzeuge erleichtert. Unter Verwendung dieses Statoskops kann der Pilot die Flughöhe während des Aufnahmefluges so unveränderlich beibehalten, daß größere Abweichungen als 2—3 Meter von der gewählten Nullhöhe kaum vorkommen sollten.

Die auf Grund eines gewöhnlichen Höhenmessers gewählte Nullhöhe wird sich natürlich mit den Variationen in dem allgemeinen Luftdrucke verändern, aber diese Variationen sind bei klarem Wetter meistens so gering und gleichmäßig, daß die Einwirkung derselben auf die Flughöhe gegebenenfalls bei späterer Behandlung der Aufnahmen leicht berücksichtigt werden kann. In der praktischen Entzerrungsarbeit sind im allgemeinen keine Unterschiede in der Aufnahmehöhe wahrgenommen worden, auch wenn der Aufnahmeflug bis zu 3 Stunden gedauert hat. Dabei ist natürlich eine gleichmäßige Mittelhöhe des Erdbodens vorauszusetzen.

Entzerrung der Luftbilder auf Grund bekannter Bildneigung und Aufnahmehöhe.

Die Entzerrung der Luftbilder geschieht im allgemeinen durch ein systematisches Probierverfahren unter Verwendung von terrestrisch eingemessenen Paßpunkten. In dem vorliegenden Falle, wo die Bildneigung bekannt ist, lassen sich die Entzerrungsfaktoren rechnerisch bestimmen. Im folgenden sind die von General V. Nenonen zur Bestimmung der Einstelldaten am Entzerrungsgerät auf Grund bekannter Bildneigung hergeleiteten Gleichungen dargestellt.

Es gilt:

$$\sin \varphi' = \frac{1}{2}\left(\lambda + \frac{1}{\lambda}\right) \sin \omega$$

$$\sin \varphi = \frac{1}{2}\left(\lambda - \frac{1}{\lambda}\right) \operatorname{tg} \omega$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{\operatorname{tg} \varphi' - k \operatorname{tg} \varphi}{k+1}$$

$$k = \frac{H}{f \,.\, \cos \omega \,.\, M}$$

$$\lambda = \frac{F}{f} \; \frac{k+1}{k}$$

Die Bezeichnungen sind:

f = Brennweite des Aufnahmeobjektivs,
F = Brennweite des Entzerrungsobjektivs,
H = Aufnahmehöhe,
k = Vergrößerungsverhältnis im Entzerrungsgerät beim Entzerrungsmaßstabe 1 : M,
ω = Bildneigung der Aufnahme,
φ = Neigungswinkel der Bildebene im Entzerrungsgerät,
φ' = Neigungswinkel der Projektionsebene im Entzerrungsgerät,
μ = Neigungswinkel der Objektiv-Hauptebene im Entzerrungsgerät.

Wie aus den dargestellten Gleichungen ersichtlich ist, können die Entzerrungsfaktoren einfach bestimmt werden, wenn außer den konstanten Faktoren f und F noch die Bildneigung ω und die Aufnahmehöhe H bestimmt sind.

Für die praktische Verwendung werden die Gleichungen für φ, φ' und μ als Diagramme dargestellt, z. B. wie Abb. 7 zeigt, wobei die Kurven als Funktion von ω für die vorliegenden Werte von f und F und verschiedene Werte von k ausgezogen sind. Die erforderliche Genauigkeit kann durch entsprechende Wahl des Diagramm-Maßstabes erreicht werden.

In der praktischen Ausführung ist es nicht nötig, die exakte Aufnahmehöhe H auszurechnen, sondern man kann mit der Größe k die entsprechenden Berechnungen durch-

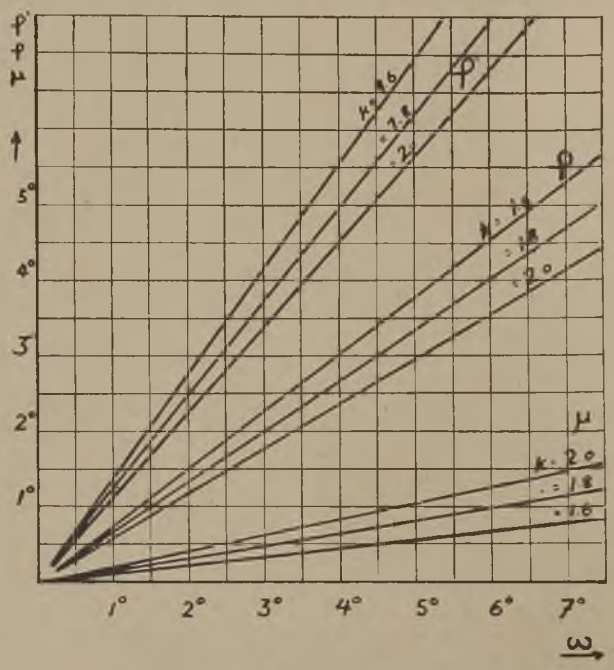


Abb. 7. Neigungswinkel am Entzerrungsgerät für verschiedene Vergrößerungen.

führen. Wie aus der Gleichung für k hervorgeht, hängt der Wert von k bei konstanter Aufnahmehöhe H nur von der variablen Größe cos ω ab. Die Entzerrungswinkel φ, φ' und μ lassen sich mit ausreichender Genauigkeit auf Grund eines annähernd bestimmten Wertes der Größe k auf den Diagrammen entnehmen, weil die Winkel gegen Variationen von k relativ unempfindlich sind.

Praktische Ausführung.

Als Aufnahmekammer ist in den letzten zwei Jahren eine Reihenbildmeßkammer RMK C/6 verwendet worden, die von der Firma Carl Zeiss, Jena, auf Sonderbestellung gebaut ist. Die prinzipielle Konstruktion derselben ist die in der Abb. 1 dargestellte, und die äußere Anordnung, Filmwechsel usw. ist dieselbe wie bei der gewöhnlichen Reihenbildmeßkammer derselben Firma. Die Kammer (Abb. 8) hat eine totale Bildgröße von 18×18 cm, wobei das Geländebild eine Größe von 15×15 cm und die Horizontaufnahmen auf zwei Seiten des Geländebildes je eine Größe von etwa 3×14 cm aufweisen (vgl. Abb. 2). Eine Dosenlibelle wird durch ein kleines Objektiv in der freien Ecke abgebildet. Das Geländeobjektiv ist ein Ortho-Metar 1 : 4,5 f = 16,5 cm und die Horizontobjektive sind je Ortho-Metare 1 : 4,5 f = 13,5 cm. Zur gleichzeitigen Betätigung der drei Compur-Verschlüsse ist eine elektrische Auslösung angeordnet, wobei die Libelle auch gleichzeitig durch eine Glühlampe beleuchtet wird. Die Filmkassette enthält etwa 60 m Film von 19 cm Breite, was rund 300 Aufnahmen entspricht. Die Bedienung dieser Kammer geschieht durch ein Handrad und einen elektrischen Druckknopf. Am Ende des letzten Jahres ist von der genannten Firma noch eine zweite Kammer zum

selben Zwecke gebaut worden. Die Neukonstruktion unterscheidet sich von der früheren hauptsächlich nur dadurch, daß die Auslösung der Verschlüsse vollständig mechanisch vor sich geht.

Weil die praktische Arbeit für eine Bildplanherstellung im Maßstabe 1 : 20 000 eingerichtet ist, werden die Aufnahmen aus einer Höhe von etwa 3 300 Meter gemacht. Um guten Stereoeffekt zu erreichen, wird eine Längsüberdeckung von 60 Prozent verwendet, und wenn man noch mit einer Seitenüberdeckung von 30—40 Prozent rechnet, wird man für jede Aufnahme einen nutzbaren Flächeninhalt von etwa 2 qkm erhalten. Bei einem Aufnahmefluge können also im besten Fall mit einem Film etwa 600 qkm überdeckt werden.

Bei der Ausführung des Aufnahmefluges wird die jeweilige Aufnahmehöhe gewissermaßen mit Rücksicht auf das Erreichen von günstigen Horizontalaufnahmen gewählt. Wenn z. B. eine verhältnismäßig naheliegende und flache Wolkenschicht das Erscheinen der wahren Horizontlinie aus der Höhe 3300 Meter verhindert, wird die Aufnahmehöhe entsprechend einige Hundert Meter größer oder kleiner gewählt.

Zur Herstellung der Luftbildpläne ist ein Fixpunktnetz von 4—5 km Seitenlänge nötig, was einer Dichte von etwa 80 Punkten auf 1000 qkm entspricht. Wenn die vorhandenen Höhenunterschiede sehr groß sind, kann eine einigermaßen größere Dichte erwünscht sein.

Die Horizontaufnahmen werden in der dargestellten Weise vermessen und ausgewertet. Erfahrungsgemäß kann eine Person in drei Tagen diese Arbeit für 100 Aufnahmen ausführen.

Abb. 8.
Reihenbildmeßkammer mit Horizontabbildung.

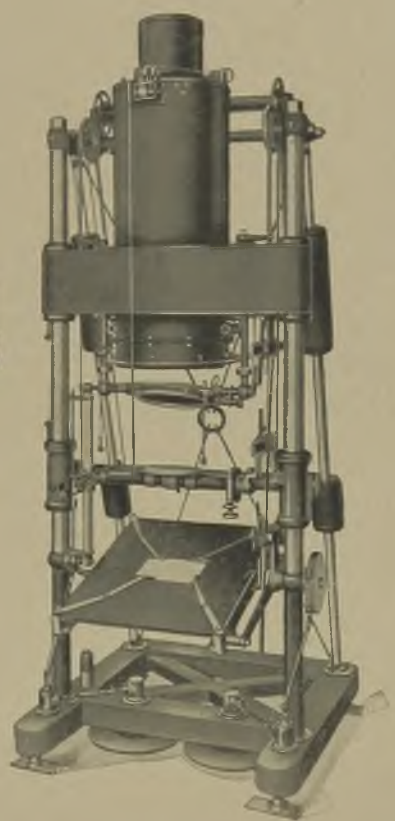


Abb. 9.
Automatisches Entzerrungsgerät Zeiss-Aerotopograph.

Die Vergrößerungsverhältnisse k für die Aufnahmen eines Fluges werden auf Grund eingemessener Strecken oder Fixpunkte bestimmt. Wenn eingemessene Strecken vorhanden sind, werden die entsprechenden Aufnahmen (durchschnittlich jede fünfte Aufnahme) in das Entzerrungsgerät in richtiger Winkellage eingelegt und das erforderliche k wird durch Messung festgestellt. Die so erhaltenen Werte von k sind im allgemeinen gleich groß (gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Werte von cos ω. vgl. die Endgleichungen) weil die Aufnahmehöhe (H) konstant gewesen ist, und das gleiche Vergrößerungsverhältnis kann für alle Aufnahmen des Fluges verwendet werden.

Wenn nur weit voneinander entfernte Fixpunkte vorhanden sind, was im allgemeinen der Fall ist, wird in folgender Weise verfahren. Von den Aufnahmen wird eine Reihe (4—8 Aufnahmen) ausgewählt, die zwei oder mehrere Fixpunkte umfaßt. Diese Aufnahmen werden mit einem gemeinsamen, genäherten Vergrößerungsverhältnisse entzerrt. Die entzerrten Aufnahmen werden Bild für Bild auf einer geeigneten Unterlage zusammengefügt und die Abstände der Fixpunkte werden aus der Bildreihe gemessen. Durch Vergleichung des erhaltenen Abstandes mit dem Sollabstand kann das genaue Vergrößerungsverhältnis bestimmt werden. Das gleiche Verfahren wird zur Kontrolle noch in verschiedenen Teilen des aufgenommenen Gebietes vorgenommen.

Bei Durchführung der dargestellten Messungen kann es vorkommen, daß das Vergrößerungsverhältnis, d. h. die Aufnahmehöhe, nicht in allen Teilen des aufgenommenen Gebietes gleich ist. Dieses kann einerseits von Veränderungen des herrschenden Luftdruckes und andererseits von Unterschieden in der Mittelhöhe des Geländes hervorgerufen sein. Die Variationen im Luftdrucke sind im allgemeinen sehr klein und die Einwirkung derselben kann gegebenenfalls durch stufenweise Veränderung der Vergrößerungsverhältnisse kompensiert werden. Die von den Veränderungen der Mittelhöhe des Geländes verursachten Maßstabsdifferenzen können auch auf Grund des vorhandenen Fixpunktnetzes bestimmt und kompensiert werden, wobei das Vergrößerungsverhältnis gebietweise entsprechend verändert wird.

In der praktischen Arbeit sind Einflüsse der Luftdruckvariationen im allgemeinen nicht wahrgenommen worden. Kleinere Unterschiede in der Mittelhöhe des Geländes kommen verhältnismäßig oft vor, lassen sich aber leicht in der erwähnten Weise kompensieren.

Um die Einwirkung von sehr großen Höhenunterschieden festzustellen, wurde ein Gebiet von etwa 900 qkm (zwei Aufnahmeflüge) in Nord-Finnland, Petsamo, im Sommer 1931 versuchsweise aufgenommen, und davon wurde ein Gebiet von 15×15 km entzerrt. Die Mittelhöhe des Geländes zeigte in verschiedenen Teilen dieses Gebietes Unterschiede von über 300 Meter. Die Fixpunkte wurden in einem Abstand von etwa 3—4 km voneinander bestimmt, und auf Grund derselben wurden die Aufnahmen in der dargestellten Weise entzerrt und zum Bildplan zusammengefügt. Die Ergebnisse dieser Versuchsarbeit zeigten, daß das vorgeführte Verfahren zur Herstellung von Luftbildplänen auch bei so großen Höhenunterschieden verwendbar ist. Die Fehler, die wegen einzelner Höhenunterschiede in jedem Bild auftraten, sind natürlich nicht zu vermeiden, können aber durch entsprechend größere Ueberdeckung vermindert werden[2].

Zur Entzerrung ist das Gerät von Roussilhe und in der letzten Zeit das Zeisssche Entzerrungsgerät (Abb. 9) verwendet worden. Das letztere hat sich in der praktischen Arbeit durch größere Arbeitsleistung ausgezeichnet, weil es mit Anordnungen zur Behandlung unzerschnittener Filme versehen ist und schnelle Einstellung der Entzerrungsfaktoren zuläßt. Mit diesem Gerät können zwei Personen auf Grund bekannter Entzerrungsfaktoren etwa 70 Aufnahmen in 6 Stunden entzerren.

Der Arbeitsaufwand zur Bestimmung der Vergrößerungsverhältnisse für die Aufnahmen eines Fluges hängt sehr viel von den vorhandenen Höhenunterschieden ab, aber im Durchschnitt können zwei Personen diese Arbeit für 100 Aufnahmen in 6—12 Stunden durchführen.

Um die störende Einwirkung des unvermeidlichen Papiereinganges bei der Entzerrungsarbeit auszuschalten, wird in folgender Weise verfahren. Die photographischen Papiere werden vor der Belichtung in reinem Wasser getränkt, bis das Papier vollständig aufquillt. In diesem gedehnten Zustande werden die Papiere im Entzerrungsgerät belichtet und dann in üblicher Weise entwickelt, fixiert, gewässert und getrocknet. Nachher

[2] Die Methode und das Aufnahmegerät haben in folgenden Ländern Patentschutz erhalten: DRP. Nr. 507 266, Englisches Patent Nr. 343 991, Finnisches Patent Nr. 13 146.

werden die entzerrten Kopien in Glyzerin-Wasserlösung eingelegt und so lange befeuchtet, bis das Papier wieder vollständig aufquillt. Die so befeuchteten Kopien, die jetzt genau die gleichen Dimensionen wie bei der Belichtung aufweisen und diesen Zustand unter Einwirkung des Glyzerins mehrere Wochen beibehalten, werden in üblicher Weise weiterbehandelt. Außer Vermeidung der Fehler wegen des Papiereinganges wird durch dieses Verfahren noch eine Erleichterung beim Einpassen und Zusammenfügen der entzerrten Kopien zum Bildplan erreicht. Durch Einwirkung des Glyzerins kleben die feuchten Abzüge nämlich ohne Leim an der Unterlage fest und sind doch jederzeit leicht zu verschieben oder abzunehmen. Erfahrungsgemäß wird die praktische Arbeit durch dieses Glyzerin-Verfahren im höchsten Grade erleichtert und beschleunigt.

Wenn die entzerrten, feuchten Kopien nach den im Entzerrungsmaßstabe eingezeichneten Fixpunkten auf die Unterlage eingepaßt und Bild für Bild zusammengefügt sind, werden sie in geeigneter Weise geschnitten, und die Schichtseite derselben wird von Glyzerin gereinigt. Nachdem das Koordinatennetz evtl. mit Tusche eingezogen ist, werden die Bildplanblätter in üblicher Weise reproduziert.

Das beschriebene neue Entzerrungsverfahren bietet dem allgemeinen Verfahren gegenüber in der praktischen Arbeit große Vorteile. Erstens wird die eigentliche Entzerrungsarbeit sehr beschleunigt, weil das zeitraubende Probieren nach Paßpunkten wegfällt und wenigstens die Entzerrungswinkel direkt rechnerisch bestimmt werden können. Zweitens werden die Arbeiten im Gelände im höchsten Maße reduziert, weil man nicht mehr die 4 Paßpunkte für jede Aufnahme einzumessen braucht, sondern das Fixpunktnetz hauptsächlich nur als Grundlage beim Zusammenfügen der entzerrten Aufnahmen zum Bildplan verwendet. Die Genauigkeit des Bildplanes hängt von der Dichte des Netzes ab, aber die Anzahl der erforderlichen Fixpunkte wird doch immer viel kleiner sein, als wenn die Fixpunkte auch zur Entzerrung verwendet werden sollen.

Eine große Bedeutung hat das dargestellte Verfahren auch bei Bildplanherstellung von großen, unbewohnten Gebieten, die für Geländemessungen schwer zugänglich sind und wo man auf große Genauigkeit verzichten kann, um Karten rasch und billig herstellen zu können.

Die oben dargestellten Methoden zur Bestimmung der Bildneigung und Beibehaltung einer (relativ) konstanten Aufnahmehöhe haben sich in der praktischen Arbeit für Entzerrung und Bildplanherstellung als völlig hinreichend genau erwiesen. Es sollte noch geprüft werden, ob es nicht durch Weiterentwickeln derselben Prinzipien, z. B. durch Photographieren des Horizonts in mehr als zwei Richtungen und durch photographisches Registrieren des Statoskops im Belichtungsaugenblicke, möglich wäre, eine so große Genauigkeit zu erzielen, daß dieselben Methoden auch bei stereoskopischer Auswertung der Luftbilder benutzt werden könnten.

Beiträge zur Nahphotogrammetrie

Dr.-Ing. K. Zaar, Graz.

Vortrag, gehalten in Wien am 22. März 1932 anläßlich der Tagung der Oesterreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie.

Die Nahphotogrammetrie, die theoretisch und praktisch ein dankbares, bebauungswertes Arbeitsfeld bietet, wird um so erfolgreicher in dem ihr vorbehaltenen Interessengebiet Anwendung finden, je einfacher und bequemer sich die einschlägigen Aufnahme- und Auswertungsmethoden gestalten lassen. Dieser Gesichtspunkt soll für die folgenden Ausführungen richtunggebend sein, deren erster Teil einem Verfahren gilt, das man zutreffend als „Koinzidenzphotogrammetrie" bezeichnen kann. Zur Einführung in die hierbei zugrunde liegenden Gedankengänge sei an die Ermittlung der Schnittlinien eines Objektes mit einer Ebene unter Zuhilfenahme von Anaglyphen erinnert, welche unter Verwendung eines wechselweise vorgeschalteten Grün- bzw. Rotfilters in der Verbindung der beim Blinken in Ruhe verbleibenden identen Punkte der farbigen, stereoskopischen Teilbilder erhalten werden können[1]. Es erscheint nun eine Methode praktisch aussichtsreich, welche unter Festhaltung der hier vorliegenden Idee Anaglyphen ausschaltet und die Bildgewinnung vereinfacht. Dies ist unter Zuhilfenahme einer Stereokammer bei gleichzeitiger Verwendung von Spiegeln möglich, vor deren Beschreibung der Begriff

[1] Zaar: „Farbige Lichtbilder im Dienste der Photogrammetrie", in Vorträgen der I. G. f. Ph. 1927, Verlag Eisenschmidt Berlin, S. 208 ff.

„reduzierte Parallaxen" Erklärung finden soll, der in der Folge eine erwünschte Vereinfachung der Ausdrucksweise bringen wird. In Abb. 1 liegen, unter Voraussetzung des Normalfalles der Stereophotogrammetrie und unter Annahme gleich hoher Aufnahmezentren L bzw. R, die Doppelabbildungen der Raumpunkte M, N und P vor. Dem in der Entfernung E_o gedachten Punkt M kommt, wie ersichtlich, die Parallaxe a, dem

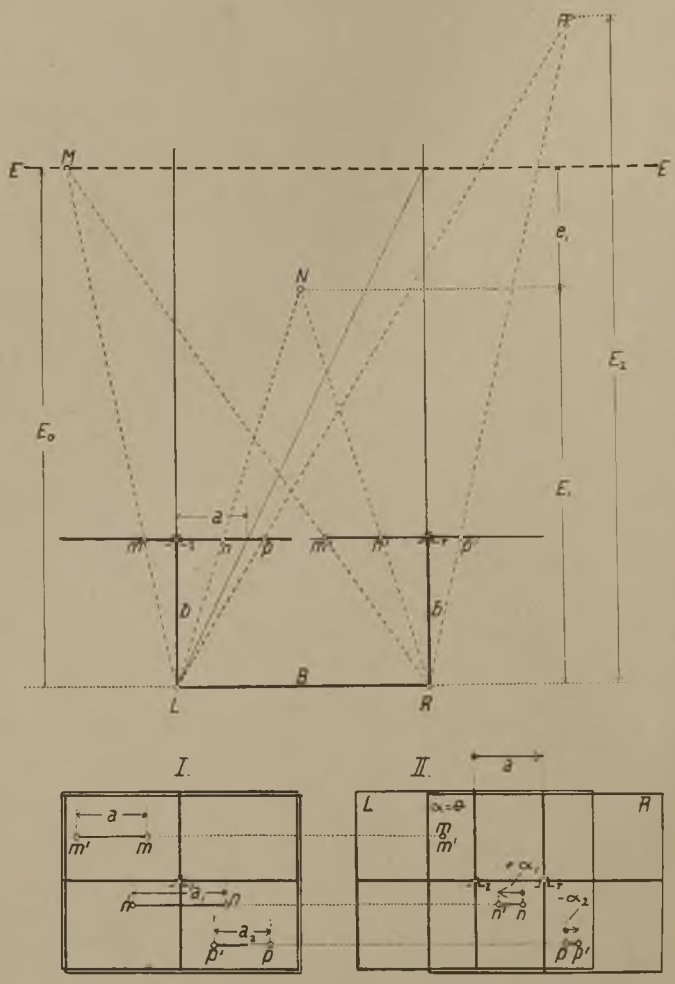


Abb. 1.

nähergelegenen Punkt N die größere, dem entfernteren Punkt P die kleinere Parallaxe, a_1 bzw. a_2, zu. Diese Parallaxen kommen beim Uebereinanderlegen der Teilbilder L und R bei sich deckenden Bildwaagerechten bzw. Bildsenkrechten (Abb. 1 bei I) unmittelbar zur Anschauung. Die Parallaxenermittlung erfolgt hier nach dem in der Stereophotogrammetrie üblichen Vorgang; unendlich weit entfernte Punkte haben die Parallaxe Null. Nun soll der der Ebene E angehörende Punkt M mit dem Objektivabstand E_o dadurch ausgezeichnet werden, daß man seine Bilder m und m' koinzidieren, also ihm und damit sämtlichen in der Ebene E liegenden Punkten die Parallaxe Null zukommen läßt (Abb. 1, II). Die Bildsenkrechten rücken bei der so angenommenen Koinzidenz um den Wert der früheren Parallaxe a auseinander, und um den gleichen Betrag werden hierbei die vordem mit a_1, a_2 usf. bezeichneten Parallaxen verkürzt. Man bildet also reduzierte Parallaxen von der Form $\alpha_1 = a_1 - a$, $\alpha_2 = a_2 - a$ usf. Je nachdem sich Punkte vor oder hinter der Ebene E befinden, sind die zugehörigen reduzierten

Parallaxen positiv oder negativ, wie dies auch aus der Zeichnung zu ersehen ist. Unter Heranziehung der in der Stereophotogrammetrie vorliegenden Formel für die Parallaxe $a = \frac{B \cdot b}{E_o}$, wobei B die Basis, b die Bildweite, E_o die Entfernung der Bezugs- bzw. Einstellebene E bedeuten, ergibt eine einfache Umformung den Ausdruck für die reduzierte Parallaxe mit $a_n = \frac{e_n}{E_n} \cdot a$, wenn e_n und E_n die bezüglichen Abstände eines Raumpunktes von der Bezugsebene E bzw. der Basis sind. Bezeichnet man den Quotienten $\frac{e_n}{E_n}$ mit r, so ist r der Reduktionsfaktor, mit dem a multipliziert die reduzierte Parallaxe gibt. Der Quotient r ist so beschaffen, daß die algebraische Summe aus Zähler und Nenner konstant, und zwar gleich E_o, dem Abstand der Bezugsebene, ist.

In Abb. 2 ist das Schema der eingangs erwähnten Stereokammer dargestellt, vor deren Objektive zwei Paare von zu den optischen Achsen um 45° geneigten lotrechten

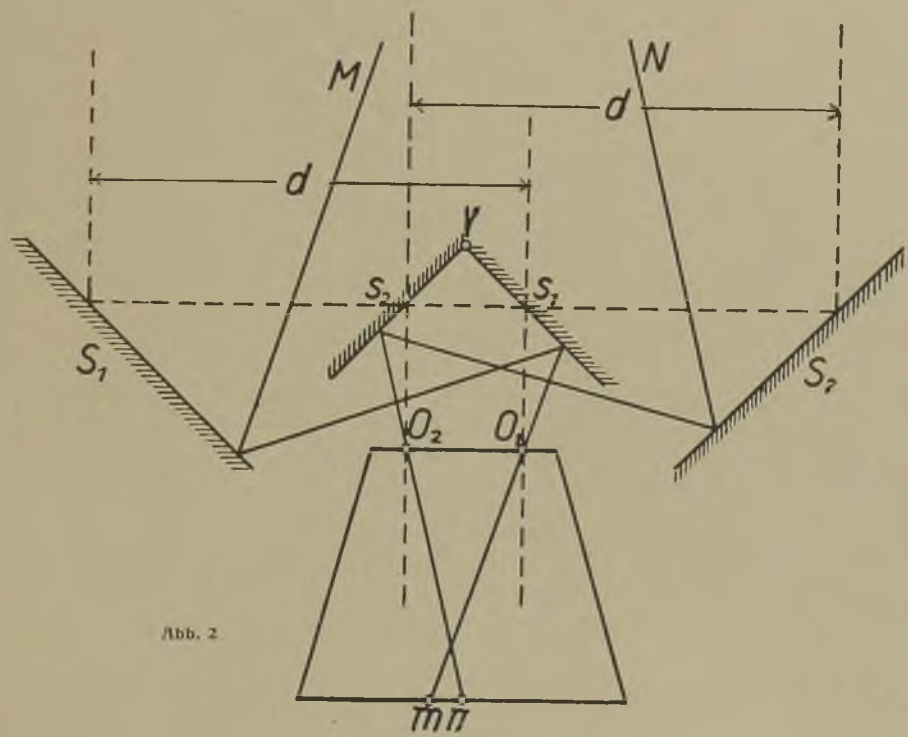


Abb. 2

Spiegeln derart vorgeschaltet sind, daß das linke Spiegelpaar S_1, s_1 mit dem rechten Objektiv O_1, das rechte Spiegelpaar S_2, s_2 mit dem linken Objektiv O_2 in optischer Verbindung stehen. Dies kann etwa in der Weise erreicht werden, daß mit den Spiegeln S_1 und S_2 ein doppelseitig belegter, um eine Vertikalachse V drehbarer Spiegel wechselweise in den Stellungen s_1 bzw. s_2 aktiv ist. Wird aus der Stereokammer die Mittelwand entfernt, so werden aus den Objektiven O_1 und O_2 auf der Mattscheibe zwei übereinander gelagerte Bilder eines Objektes projiziert, welche den Teilbildern einer normalen Stereoaufnahme aus den doppelt gespiegelten Projektionszentren entsprechen. Das Aufnahmeergebnis bleibt das gleiche, wenn eines von den Spiegelpaaren gemeinsam parallel in der Richtung der optischen Achsen der Objektive versetzt wird, wie es in Abb. 3 zu sehen ist, aus welcher in der Folge die hier interessierenden Beziehungen abgeleitet werden sollen. Die letztgenannte Aufnahmeanordnung hat den Vorteil der gleichzeitigen Projektion aus O_1 und O_2; überdies ist es leicht möglich, etwa mit Hilfe

einer den Objektiven vorgesetzten, rotierenden Sektorscheibe K die Teilbilder in stetem Wechsel auf die Bildebene der Kammer zu projizieren. Hierdurch ist das gleiche Ergebnis erlangbar wie mit dem eingangs besprochenen Anaglyphenbild, denn es ist auch hier möglich, im Blinkverfahren alle der Einstellebene angehörenden unbewegten, weil zusammenfallenden, identen Bildpunkte aus der unruhigen Umgebung auszusondern. Der Verlauf der Strahlen, die von dem der Einstellebene E angehörenden Punkt M ausgehen und in die Objektive O_1 und O_2 eintreten, läßt erkennen, daß sie sich in einem einzigen Punkt m, der Bildebene schneiden; M hat also die reduzierte Parallaxe Null. Anders die Abbildungen der außerhalb der Einstellebene E liegenden Punkte, z. B. N. Für diesen liegen die Doppelabbildungen n_1 bzw. n_2 mit einer reduzierten Parallaxe $\alpha = \overline{n_1 n_2}$ vor. Denkt man sich die Doppelkammer in die beiden Einzelkammern mit den bezüglichen Objektiven O_1 und O_2 gespalten, so würden deren durch die Spiegelpaare S_1 und s_1 bzw. S_2 und s_2 erzeugten Spiegelbilder nach L bzw. R kommen, deren Abstand B die Basis der gedachten Aufnahmeorte ist. Von ihnen aus ist die Aufnahme durchgeführt zu denken, und in der Stereokammer liegen die einschlägigen Teilbilder übereinandergelagert vor. Wegen der Parallelität der von den Objektpunkten ausgehenden und der in die Objektive eintretenden doppelt reflektierten Strahlen liest man aus der Abbildung heraus, daß der Abstand der Stereoobjektive O_1 und O_2 nichts anderes ist, als die normale stereoskopische Parallaxe für die aus L und R aufgenommen gedachten, der Einstellebene E angehörenden Punkte, mit dem Normalabstand E_o. Die mathematischen Beziehungen, die zwischen den Elementen der Spiegelstereokammer und der gedachten Doppelaufnahme aus L und R bestehen, sind einfach und gehen von der Abstandsformel $E_o = \frac{B \cdot b}{a}$ aus. Sind f die Objektivbrennweite, d der Querabstand eines Spiegelpaares, so ist, unter Einbeziehung der bereits früher verwendeten Größen E_o, b, a, α und e:

$$E_o = \frac{B \cdot b}{a} = \frac{B + a}{a} \cdot f = b\left(\frac{2d}{a} - 1\right), \text{ ferner}$$

$$B = \frac{a E_o}{b} = \frac{a(E_o - f)}{f} = 2\left(d - \frac{a}{2}\right), \text{ weiteres}$$

$$d = \frac{B + a}{2}, \; \alpha = \frac{e_n}{E_n} \cdot a = r \cdot a; \; e_n + E_n = E_o, \text{ endlich der Bildmaßstab}$$

$$n = \frac{b}{E_o} = \frac{a}{B} = \frac{a}{2d - a}$$

Zur Ueberprüfung und Verwertung der vorgebrachten theoretischen Ueberlegungen wurde, unter Zugrundelegung des in Abb. 3 wiedergegebenen Schemas, ein einfaches Versuchsmodell hergestellt, unter Verwendung einer Stereokammer 6 × 13 cm bei einem Objektivabstand von 6,5 cm und einer Objektivbrennweite von f = 12 cm. Man erblickt an dem Modell die der Stereokammer vorgelagerten Spiegel, die um vertikale Achsen drehbar sind, und deren Neigung gegenüber der Lotrechten mit Feinstellschrauben eingestellt werden kann. Durch den Ausschnitt der Grundplatte kann ein Blinkmechanismus, z.B. eine drehbare Sektorscheibe, eingeführt werden, welche die Objektive im steten Wechsel freigibt. Das Modell ist mit schwarzem Karton so weit abgeblendet, daß unerwünschte Spiegelungen ferngehalten werden. Da eine mittlere Einstelldistanz von $E_o = 100$ cm gewählt wurde, erhielten die Spiegel einen Querabstand d = 27 cm, woraus sich mit dem Objektivabstand eine fingierte Basis von etwa 48 cm ergibt. Trotz der Primitivität des Versuchsmodelles, das wegen der kleinen Ausmaße ein brauchbares Bildfeld von nur 4 × 4 cm liefert, konnte die praktische Brauchbarkeit der geschilderten Methode festgestellt werden. — Eine erste Versuchsaufnahme galt einer in der vertikalen Symmetrieebene der Objektive gelegenen schrägen Raumgeraden, deren Abbildung aus zwei sich schneidenden Geraden besteht, deren Schnittpunkt die Abbildung des Durchstoßpunktes der Schräggeraden mit der Einstellebene ist. Für diesen liegt also die reduzierte Parallaxe Null vor. Beim Anblick des Mattscheibenbildes setzten sich, was physiologisch beachtenswert ist, die Doppelbilder räumlich um; man hatte den Eindruck, als würde eine materielle Raumgerade die Mattscheibe durchstoßen. Eine zweite Aufnahme betraf ein Objektsrelief; wie früher ausgeführt, fallen die Doppelbilder für die der Einstellebene angehörenden Punkte zusammen, ihre reduzierten Parallaxen sind Null. Die Verbindungslinie dieser Punkte, die mit Hilfe der Blinkmethode gut zu erfassen sind, ergibt die Abbildung der Schnittlinie der vertikalen Einstellebene mit dem Objekt. Durch ein schrittweises, gleichmäßiges Einrücken des Objektes gegen die

Kammer oder, umgekehrt, der Kammer gegen das Objekt, wäre sonach ein Vertikalschichtenplan erlangbar. Die vorgebrachte Methode ist nicht nur auf nächste Entfernungen von etwa 1 bis 3 m beschränkt. Würde man z. B. eine Entfernung von 10 m, eine Bildweite von 30 cm und eine fingierte Basis von 75 cm zugrunde legen, so würde dies einen Objektivabstand von ca. 22 mm ergeben. Dies ist natürlich durch zwei Objektive, die möglichst lichtstark sein sollen, nicht zu verwirklichen. Es wäre dann mit nur einem Objektiv in der Weise zu arbeiten, daß es um den Betrag von 22 mm abwechselnd nach rechts bzw. links verschoben und in den Grenzstellungen zur Aufnahme freigegeben wird, was sich mechanisch unschwer erreichen ließe. Ein kleiner Objektivabstand hat den Vorteil eines großen brauchbaren Bildfeldes, dessen Breite sich aus ($2\,b\,\mathrm{tg}\,\alpha - a$) ermitteln läßt, wenn α der halbe Bildfeldwinkel des Objektivs ist. In dem oben gewählten Beispiel wären auch die reduzierten Parallaxen noch genügend groß, um im Blinkverfahren die ruhenden Bildpunkte neben den bewegten zu erfassen, was überdies durch eine große Objektivöffnung gefördert wird, da die außerhalb der Einstellebene gelegenen Punkte mit merklicher Unschärfe abgebildet werden. — Man kann sonach erwarten, daß die geschilderte Methode auch für eine im Felde vorzunehmende bequeme und unmittelbare Ermittlung von Querprofilen bzw. Vertikalschichtenlinien des Geländes in Betracht kommt, was an dieser Stelle wenigstens angedeutet werden soll.

Mit den vorgebrachten Mitteilungen möge der die Koinzidenzphotogrammetrie behandelnde erste Teil der Ausführungen abgeschlossen werden. Der zweite Teil derselben soll einer Methode der Nahphotogrammetrie gewidmet sein, welche sich zweier Ergänzungsgeräte zum Feldphototheodolit Wild bedient. Diese Geräte sind eine Nahkammer und ein Präzisionsschlitten, welche im Entgegenkommen auf meine Ideen von der Firma Wild in Heerbrugg ausgeführt wurden. Die Nahkammer (Abb. 4) hat die gleiche Form und die gleichen Ausmaße wie die normale Fernkammer der Wildschen Ausrüstung (Bildformat 10×15), ist aber mit einem besonderen, von Dr. Wild errechneten, unsymmetrischen Objektiv von großer Verzeichnungsfreiheit mit ca. 15 cm Brennweite ausgerüstet. Da die konstante Bildweite der starren Kammer der 165 mm betragenden Brennweite der Fernkammer gleichgehalten ist, so kommt eine mittlere Aufnahmedistanz von 150 cm in Betracht. Durch das zulässige Maß der Unschärfe in der Abbildung von Punkten, die sich vor oder hinter der 150 cm vom Objektiv entfernten Einstellebene befinden, ist die Größttiefe des Aufnahmeobjektes beschränkt, die man im Mittel mit 50 cm annehmen kann. Die Bedienung der Nahkammer unterscheidet sich nicht von jener der Fernkammer; sie wird gleich dieser in das Stahlgehäuse des Wildschen Phototheodolits eingehängt. In Abb. 4 ist auch der zweite Bestandteil des für eine Aufnahme bereitgestellten Instrumentenaggregates zu sehen, nämlich ein Präzisionsschlitten, der das auf seine Tragplatte aufgelegte Aufnahmeobjekt mit einer Genauigkeit von mindestens 0,01 mm zu verschieben gestattet. Das trapezförmig ausgebildete Traggestell des Schlittens besitzt drei auf Unterlagsscheiben aufsitzende Stellschrauben, mit welchen die aus Leichtmetall gefertigte Tragplatte horizontiert wird. Auf der Langseite des Tragrahmens ist eine U-Schiene befestigt, welche oben ein allseitig parallel geschliffenes Stahllineal als Führung der Kugellager trägt. In der Schiene ist eine Präzisionsspindel mit 1 mm Schraubensteigung eingebaut. Die Mutter dieser Spindel ist durch einen Hebel auslösbar, damit die Tragplatte von Hand aus verschoben werden kann. Die Ablesung der cm und mm der vorgenommenen Verschiebung erfolgt an einem Zeiger an der an dem Lineal angebrachten Teilung. Die in 100 Teile geteilte, mit einer Kurbel in Verbindung stehende Trommel läßt die direkte Ablesung bzw. Einstellung von Hundertstelmillimetern zu, während Zweitausendstelmillimeter noch geschätzt werden können. Ueber die Ermittlung der Bildweite der Nahkamera, die hier zweckmäßig in anderer Weise vorgenommen wird, als es bei Instrumenten, welche für den Feldgebrauch bestimmt sind, üblich ist, weiter über die unter Bedachtnahme auf die zulässige Bildunschärfe vorzunehmende Objektsaufstellung liegen Mitteilungen an anderer Stelle vor[2], sodaß es ausreichen wird, einiges über den Gebrauch und die Verwertungsmöglichkeiten der genannten Geräte vorzubringen. Einzelbilder, die mit der Nahkammer erhalten wurden, sind natürlich in jenem Umfang verwertungsfähig, als es das einzelne Meßbild zuläßt. Durch die Kombination der Nahkamera mit dem Präzisionsschlitten kann der Verwertungsbereich des Einzelbildes erweitert werden. Es sei diesbezüglich auf das Körpermessungsverfahren mit Lichtebenen[3] hingewiesen. Bei diesem kann bei feststehend angenommener

[2] Festschrift Eduard Dolezal: Zaar, „Ergänzungsgeräte zu einem Feldphototheodolit für Nahaufnahmezwecke" S. 191 ff.

[3] Zaar, „Über ein photogrammetrisches Körpermessungsverfahren", Intern. Archiv für Photogrammetrie, VI. Bd., S. 64 ff.

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Lichtebene das Einrücken des Objektes senkrecht zu dieser Ebene, einfach und genau mit Hilfe des Schlittens erfolgen, dessen Spindel senkrecht zur Lichtebene zu stellen wäre. In gleicher Weise könnte in dem vorher beschriebenen Koinzidenzverfahren die Verbindung Kammer und Schlitten zweckentsprechend Verwendung finden, um Vertikalschichtenlinien mit bestimmtem Schichtenebenenabstand zu erhalten. Es bietet aber auch

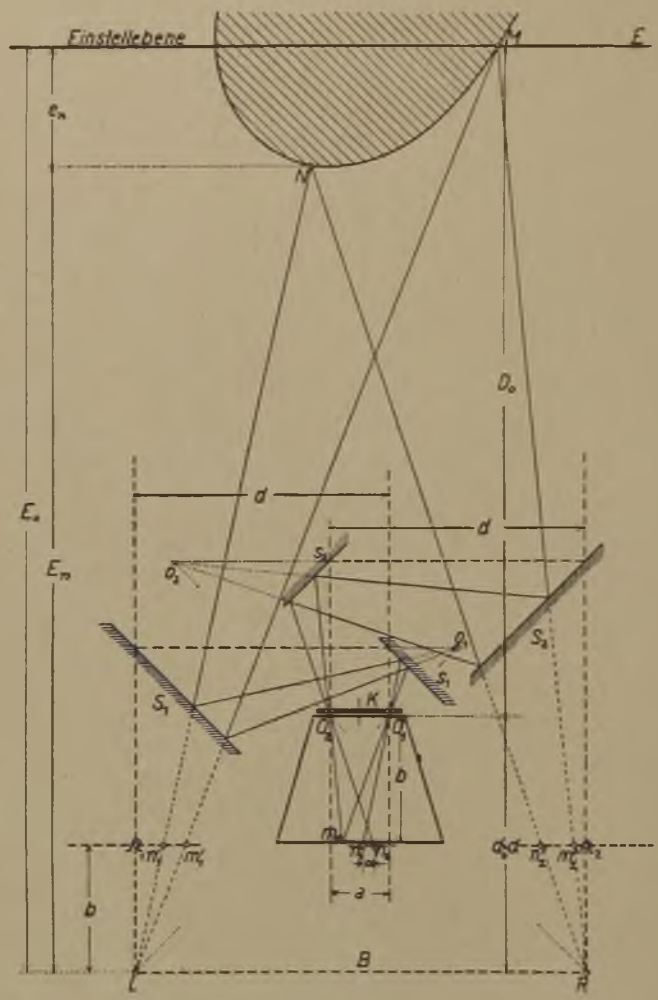


Abb. 3

keine Schwierigkeit, das erwähnte Instrumentenaggregat zur Herstellung von Bildpaaren zu benützen, deren Teilbilder gemeinsam ausgewertet werden. So könnte man, entsprechend dem Normalfall der Stereophotogrammetrie, die Teilbilder in der Weise erhalten, daß man nach erfolgter Erstaufnahme das Objekt um das der Basis gleichzuhaltende Maß verschiebt und es nochmals photographiert[4]. Es können aber auch Stereogramme mit parallel verschwenkten, horizontalen oder geneigten oder solche mit wild verschränkten Achsen hergestellt werden. Ueber den hierbei einzuhaltenden Vorgang wurde gleichfalls an anderer Stelle berichtet. Es sei nur bemerkt, daß das hier vorausgesetzte Fehlen einer starren Verbindung zwischen Kammer und Schlitten gewisse

[4] Zaar, „Über eine Aufnahmemethode für photogrammetrische Zwecke", Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik 1913, 84 ff.

Methoden notwendig macht, um die theoretisch geforderte Lage der Aufnahmeachsen sicherzustellen. Durch Aufstellung des Aggregates auf gemeinsamer Grundplatte würde sich natürlich eine wesentliche Vereinfachung des Aufnahmeverfahrens ergeben. Die erhaltenen Teilbilder können nun punktweise im Stereokomparator oder linienweise in einem mechanischen Auswertegerät bearbeitet werden. Die Ergebnisse sind, wie Versuche ergeben haben, sehr genau, wie es bei der Präzision der verwendeten Instrumente zu erwarten ist. Für die Auswahl der unbewegt anzunehmenden Aufnahmeobjekte sind die mittlere Einstelldistanz von 1,5 m und das Bildformat maßgebend. Eine dankbare Verwendung der besprochenen Instrumente bietet sich im Unterricht der Photogrammetrie, sofern man als Aufnahmeobjekt ein genau nach einem Schichtenplan hergestelltes Geländemodell verwendet. Es können je nach Aufstellung desselben und der gewählten Aufnahmeart die Methoden der Erd- und Luftbildmessung im Zimmer nachgeahmt und die erhaltenen Aufnahmen einer entsprechenden Auswertung zugeführt werden. Die Möglichkeit einer unmittelbar an dem Modell bzw. dessen Schichtenplan vorzunehmenden Kontrollmessung erhöht den Wert der Zimmerarbeit, mit der eine Vorbereitung für die photogrammetrische Vermessung des Naturgeländes gedacht ist. In der mit der Tagung verbundenen Ausstellung sind einschlägige Versuchsaufnahmen sowie die von Studierenden der Grazer Technischen Hochschule durchgeführten Auswertungen auf meßtischphotogrammetrischer bzw. stereophotogrammetrischer Grundlage exponiert[5]. Daß diese Art vorbereitender Unterrichtsarbeit anregt und besonders für den Anfänger gewisse Vorteile bietet, konnte deutlich beobachtet werden. Die Plastik der im Stereokomparator beobachteten Geländemodelle ist eine überaus zwingende wegen der Schärfe der Abbildung und wegen des Fehlens von in der Natur vorliegenden Details, wie Graswuchs, Sträucher, Bäume und dergleichen. Dies kommt dem Ueben im sicheren Aufsetzen der wandernden Marke sehr zustatten. Im übrigen unterstützt das Geländemodell wesentlich die richtige Auswahl der im Stereokomparator aufzusuchenden Geländepunkte für die weitere Herstellung eines Schichten-

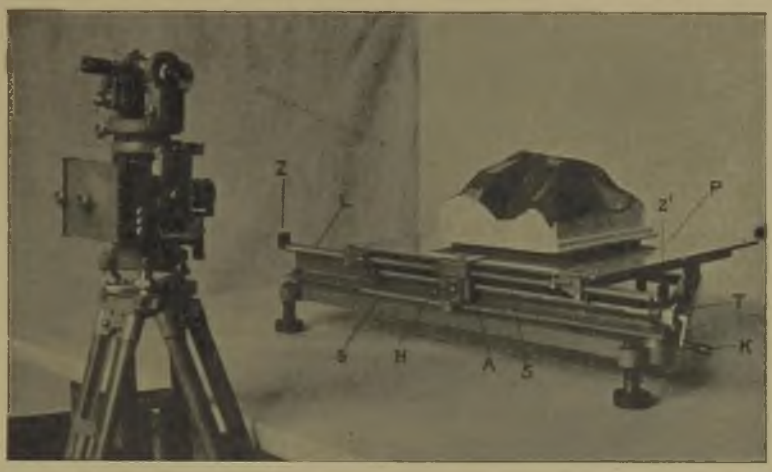


Abb. 4.

plans. Daß die Nahkamera allein gleichfalls für Unterrichtszwecke herangezogen werden kann, zeigt ein in der Ausstellung exponierter, im Sinne der Nadirtriangulation vorgenommener Auswertungsversuch, wobei sich die einschlägigen Konstruktionen auf Senkrechtaufnahmen eines das ebene Gelände ersetzenden Stadtplanes stützen. Die störungsfreie Abbildung und die Leichtigkeit und Sicherheit in der Punktidentifizierung erleichtern die Arbeit des Anfängers und schulen ihn gut für die Auswertung wirklicher Fliegerbilder. Schließlich darf wohl der Meinung zugestimmt werden, daß das besprochene, aus Nahkammer und Schlitten bestehende Aggregat in vielseitiger Weise in einem photogrammetrischen Versuchslaboratorium Verwendung finden kann.

[5] Der Vortragende wurde bei den einschlägigen Arbeiten von den Herren Assistenten Ing. Dr. Soldat und Ing. Flödl bestens unterstützt. Die Genannten fertigten auch die in der Ausstellung exponierten Geländemodelle, über deren Herstellung Ing. Flödl an gleicher Stelle einen technischen Bericht auflegte.

Die Anwendung der Bildmessung für die Bestimmung von Seilkurven bei Seilfähren und Seilbahnen

Von Oberverm.-Rat Major a. D. M. Schober des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien.

Im Jahre 1927 wurde dem Bundesamte für Eich- und Vermessungswesen vom Bundesministerium für Handel und Verkehr, über Anregung des Sektionsrates Dr. Franz Skrobanek, die Aufgabe übertragen, mittels Bildmessung die Durchhänge des Trag- und Girseiles an der Donaufähre zwischen Marbach und Krummnußbaum zu bestimmen. Bei diesem durch die photogrammetrische Abteilung des Bundesamtes in solcher Art erstmalig auszuführenden Versuch war festzustellen, ob die Anwendung der Bildmessung für die Aufnahme von Seilkurven möglich ist. Gleichzeitig hatten diese Aufnahmen den Zweck, als Unterlage, Vergleich und Beweis zu den vom Sektionsrat Dr. Franz Skrobanek veröffentlichten neuen Berechnungswegen für solche Seilanlagen zu dienen. Die Anwendung der Bildmessung für die Aufnahme der Seilkurven an der Rollfähre zeitigte solche Ergebnisse, trotzdem dieser ersten Arbeit eigentlich noch alle Merkmale eines Versuches eigen sind, daß im Jahre 1930 nach ähnlichen, durch die Erfahrung verbesserten Methoden seitens des Bundesamtes an die Aufnahme und Auswertung verschiedener Seilkurven an der Personenseilschwebebahn Annenheim—Kanzelhöhe geschritten werden konnte.

In beiden Fällen wurden als Grundlage zur Ausführung der Bildaufnahmen örtliche kleine Triangulierungsnetze entwickelt. Bei der Rollfährenaufnahme wurden zu diesem Zwecke an jedem Donauufer eine, bei der Seilbahnaufnahme eine Basis mit im Bundesamte überprüften breiten Stahlmaßbändern gemessen. In die Triangulierungsnetze wurden in beiden Fällen einbezogen:

die photogrammetrischen Standpunkte;
die Auflager- und Lagerpunkte der Seile, bei der Seilbahn auch das Seilauflager in den Talstationsgebäuden;
trigonometrische Punkte für die allgemeine Lageorientierung;
Punkte für sonstige wasser- und bautechnische Untersuchungen;
schließlich, zusammen mit Beobachtungen durch die Photogrammeter, die für die Bildaufnahmen notwendigen Einpaßpunkte.

Das Koordinatensystem wurde bei der Rollfährenaufnahme winkelrecht zu einer geodätischen Basis, bei der Seilbahn winkelrecht zur Tragseilspur gelegt, weil sich aus der Erfahrung ergab, daß durch letztere Anlage bedeutende Arbeitsvereinfachungen für die Berechnungen und Auswertungen zu erzielen waren.

Bei der Durchführung der photogrammetrischen Bildaufnahmen sowohl als auch bei ihren Ausarbeitungen wurden, zum Teil aufbauend auf den Erfahrungen, zum Teil aber auch begründet durch die Verschiedenheit der Vermessungsobjekte, stark unterschiedliche Vorgangsweisen angewendet.

Bei den Aufnahmen an der Rollfähre war zu beachten, daß alle Teile des Aufnahmegegenstandes durch die Strömung der Donau ununterbrochen, jedoch jeder Teil verschieden rasch, in Bewegung waren. Das Fährschiff und das Tragseil sowie das Girseilende beim Fährschiff waren ständig langsamen, je nach der Fahrtgeschwindigkeit des Fährschiffes verschieden großen Veränderungen in bezug auf Lage und Höhe unterworfen. Die Laufkatze und das Girseil wurden jedesmal im Augenblick der Höchstbeanspruchung durch das auspendelnde Fährschiff aus einem örtlich nahezu vollkommenen Stillstand am Tragseil rasch bis in die nächste Ruhestellung fortgerissen. Der Wellenschlag und kleine Stellungsänderungen des Fährschiffes zum Stromstrich verursachten unregelmäßige kurze, ruckartige Aenderungen im aufzunehmenden System. Die Zeitpunkte der Aufnahmen konnten daher nur nach seiltechnischen Momenten an Ort und Stelle verfügt werden und wurden durch den am Signalstand am Fährschiff anwesenden Sektionsrat Dr. Skrobanek angegeben, welcher die Ablesung eines im Girseil eingebauten Dynamometers im Zeitpunkt der Aufnahme veranlaßte.

Bei der Seilschwebebahn konnten die aufzunehmenden Haltepunkte des Seilwagens vorausbestimmt werden und der Wagen nahezu an der gewünschten Stelle des Tragseiles zum Halten und fast zur Ruhe gebracht werden. Geringfügige Schwankungen des Trag- und Zugseiles in der Aufrißebene infolge des Anhaltens des Wagens, Drehungen des Wagens um seine Aufhängung unter dem Tragseil bis zu 10 Grad und Pendeln des Wagens in der Zugrichtung des Seiles und in der Windrichtung waren zu beachten.

Aus diesen Gründen wurden bei den Rollfährenaufnahmen nur Momentbelichtungen der Meßplatten mit von den Objektiven abgenommenen Gelbfiltern, bei den Seilbahnaufnahmen Moment- und Kurzzeitbelichtungen mit Gelbscheiben angewendet. Letztere haben für die Seilbahn bessere Ergebnisse gezeitigt. Als Aufnahmeplatten wurden mit Perutz-Braunsiegelemulsion begossene überprüfte Spiegelglasplatten verwendet. In beiden Fällen wurden die Aufnahmen an nahezu windstillen Tagen ausgeführt, um bei der Rollfähre Zug- oder Druckwirkungen des Windes und bei der Seilschwebebahn die durch den Bergaufwind verursachte Hebewirkung, insbesondere an den unbelasteten Wagen, zu vermeiden. Bei beiden Messungen mußte den Notwendigkeiten des Verkehrs Rechnung getragen werden. Die Aufnahmen konnten daher nicht Zug um Zug erfolgen, und mußten insbesondere bei der Seilschwebebahn hauptsächlich in den photographisch ungünstigeren ersten Morgenstunden vor 6 Uhr früh ausgeführt werden.

Für die Bildaufnahmen an der Rollfähre wurden vier Standpunkte an den Ufern ausgewählt, zwei hiervon so, daß ihre Verbindung im Abstande von etwa 270 m gleichlaufend mit dem Tragseil war, und die beiden anderen derart, daß sie nahezu in der Tragseilruhebene lagen. Je nach den Beleuchtungsverhältnissen waren je drei für die Aufnahmen mit Phototheodoliten gleichzeitig besetzt. Ein zeitweise am Fährschiff selbst besetzter Aufnahmepunkt ergab zwar Lichtbilder, jedoch konnte die Lage dieses beweglichen Punktes sowie die Lage der Meßplatten in bezug auf Kippung, Kantung und Aufnahmerichtung für die Auswertung nicht genügend genau bestimmt werden. Für die Besetzung der Standpunkte wurden drei Zeiss-Phototheodolite Modell 16 mit Aufsatztheodolit verwendet.

Bei den Bildaufnahmen an der Seilschwebebahn wurden beiderseits der Seiltrasse in Abständen zwischen 90 und 300 m im ganzen 10 Bildstandpunkte ausgewählt, von welchen nach und nach acht Standpunkte verwendet wurden und nach den Aufnahmeerfordernissen gleichzeitig je vier mit Phototheodoliten, immer zwei auf einer Seite, abwechselnd besetzt waren. Für die Aufnahmen wurden zwei Zeiss-Phototheodolite Modell 16 und zwei Modelle C 3/b annähernd gleicher Brennweite, immer die gleichen Ausrüstungen auf derselben Seite des Seiles, verwendet.

In beiden Fällen wurde die Gleichzeitigkeit der Kurzzeitbelichtungen der Meßplatten durch Fahnenzeichen vom Fährschiff bzw. vom Seilbahnwagen aus erreicht. Die abgebildeten Fahnenstellungen ermöglichten die Beurteilung, welche Platten eines Aufnahmefalles in den Standpunkten wirklich gleichzeitig belichtet wurden und daher für die Auswertung zusammen verwendbar waren. Bei den Aufnahmen an der Rollfähre wurden die Hauptlagen der Laufkatze gleichzeitig mit den Bildaufnahmen von einem seitlichen, trigonometrisch bestimmten Punkte aus mit dem Theodolit geschnitten, doch fehlten hier im Vergleich mit den Meßplatten die sicheren bildlichen Merkmale der Gleichzeitigkeit.

Aus der Verschiedenheit der beiden Vermessungsobjekte ergaben sich ferner noch verschiedene Vorgangsweisen bei der Aufnahmeausführung in den Standpunkten. Für die Aufnahmen an der Rollfähre war in jedem Bildstandpunkt nur eine bestimmte Aufnahmerichtung erforderlich, die im Bildwinkel den ganzen Bewegungsraum des Systems einschloß und mittels Beobachtung durch den Aufsatztheodolit gegen einen Paßpunkt festgelegt wurde. In den Bildstandpunkten waren demnach zwischen den Aufnahmefällen nur die Beschickungen mit neuen Kassetten und die kurze Ueberprüfung der Theodolit- und Libelleneinstellung erforderlich. In den Bildräumen der Aufnahmerichtungen waren außerdem noch zwei bis drei Paßpunkte zur späteren Ueberprüfung der Aufnahmerichtung bestimmt. Bei den Aufnahmen an der Seilbahn mußten, nahezu für jeden einzelnen Wagenhaltepunkt an dem Tragseil, die Aufnahmerichtungen und Horizonthöhen geändert und daher von besonderen Einstellungen mit dem Aufsatztheodolit abgesehen werden. Bei den Ausrüstungen C 3/b ist ein solcher Vorgang an und für sich nicht ausführbar. In den Bildstandpunkten wurden die Aufnahmerichtungen und Horizonthöhen mittels Durchblick nach den Mattscheibenbildern gegen den angehaltenen Wagen gerichtet, die Beschickungen mit neuen Kassetten durchgeführt und die Libellenstellungen überprüft. Die Wahl zahlreicher, mitabgebildeter Paßpunkte ermöglichte die spätere Feststellung der Aufnahmerichtungen.

Für die Kartierung der Seilkurven der Rollfähre wurden vorerst die Lagen und Höhen der verschiedenen Stellungen der Laufkatze am Tragseil, sowie für das Girseilende am Fährschiff mit den aus den überprüften Meßplatten abgenommenen und zu den Paßpunkten orientierten Richtungen gerechnet. Teilweise konnten die synchronen Theodolitbeobachtungen für die Berechnung der Laufkatzenlage mitverwendet werden. Für die Bestimmung von Seilpunkten für die Aufrißdarstellung wurde bei der Auf-

nahme an der Rollfähre der Versuch unternommen, entlang den Seilen im Lichtbild auffindbare Punkte zu bezeichnen. Die mit weißer Farbe in bestimmten Abständen angebrachten Zeichen haben sich am Tragseil durch die Bewegungen der Laufkatze verwischt, am Girseil haben sie sich teilweise erhalten, jedoch wirkte die weißschwarze Abgrenzung bei der Ausbeobachtung der Negative wie eine Bruchgrenze und war, vom Hintergrund abhängig, nicht immer ganz sicher einzustellen. Aus diesem Grunde mußte von Einzel-

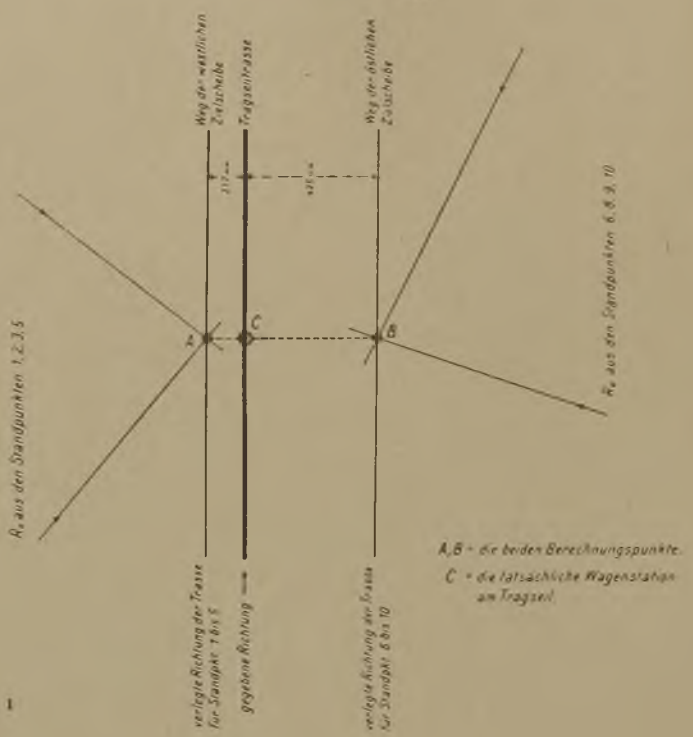


Abb. 1

berechnungen der Seilpunkte abgesehen werden. Es erwies sich auch, daß solche Bezeichnungen an den Seilen überflüssig sind und mit anderen Methoden das Auslangen gefunden wurde.

Bei der Rollfährenauswertung wurden nach rein meßtischphotogrammetrischen Methoden die Seilpunktbestimmungen ausgeführt. Im Grundriß stellt sich das Tragseil von jedem Auflagerpunkt zum berechneten und aufgetragenen Lagepunkt der Laufkatze und von letzterem aus das Girseil zum Fährschiff als gerade Verbindung zwischen diesen Punkten dar. Ausgehend von dieser Darstellung wurden im Grundriß jeder Seillage weitere Punkte für die Kartierung des Aufrisses gewählt und in die dargestellten Plattenspuren aller Bildstandpunkte zurückgeführt. Mittels Ausmessung der hochgestellten Aufnahmeplatten im rechten Plattenlager des Stereokomparators wurden zu den an den Plattenspuren abgenommenen X- (waagerechten) die Y- (senkrechten) Bildmaße mittels der Mikrometerschraube gemessen und mit den aus dem Grundriß von jedem Bildstandpunkt abgenommenen Entfernungen die Höhen der Seilpunkte gerechnet; die Ergebnisse gemittelt im Aufriß aufgetragen. Die Kartierungen der Aufnahmeergebnisse der Seilkurven an der Rollfähre erfolgten für den Grundriß im Maßverhältnis 1 : 100 aus 20, in vier Bildstandpunkten aufgenommenen Meßplatten für 138 Seilpunkte in 5 verschiedenen Stellungen des Fährschiffes und für eine Darstellung des unbelasteten Tragseiles.

Für die Kartierung der Seilkurven an der Seilschwebebahn stellen sich das Tragseil und das Zugseil im Grundriß als eine einzige gerade Verbindung zwischen den beiden

gegebenen Seilauflagerpunkten dar. Die für die Aufrißdarstellung erforderlichen und gegenüber der Rollfährenkartierung bedeutend zahlreicher gewählten Seilpunkte, die große Menge der auszumessenden Seilkurven des Trag- und Zugseiles, sowie die große Zahl gelungener und daher auszuwertender Aufnahmen erforderten von Haus aus bei der Auswertung der Seilbahn anstatt der zeichnerischen meßtischphotogrammetrischen Bestimmungen, wie sie für die Rollfähre angewendet wurden, eine andere, zeitsparendere Methode der Seilpunktbestimmung mittels des Autographen, die sich sehr gut bewährt hat und selbstverständlich auch für die Rollfahren anwendbar ist.

Für die Ausarbeitung von Seilkurven an der Seilbahn wurden nachfolgende Aufnahmefälle gewählt:

die Leerseilaufnahme aus vier Standpunkten im unteren und drei Standpunkten im oberen Seilstück aufgenommen;

die Aufnahmen im ersten Seilfeld der Seilbahn zwischen der Talstation und ersten Stütze mit zehn Wagenhaltepunkten (Wagenorten) mit belasteten und fünf Wagenorten mit unbelasteten Wagen;

die Aufnahmen beim Uebergang des Seilwagens über die erste Stütze mit 16 Wagenorten mit belasteten und 12 Wagenorten mit unbelasteten Wagen, je zur Hälfte über und unter der Stütze.

Vorerst erfolgte die Lage- und Höhenberechnung der Wagenorte jedes Aufnahmefalles. Hierzu wurden die verschiedenen gerichteten Aufnahmen in erster Linie einzeln nach den mitabgebildeten Paßpunkten orientiert, ausnahmsweise zwei oder drei Aufnahmen mittels in den übergreifenden Bildstreifen gewählten Anschlußpunkten zuein-

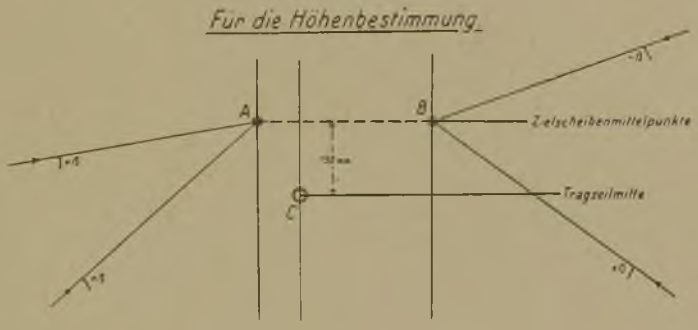


Abb. 2

ander und dann das ganze Bündel der Aufnahmerichtungen zu den Paßpunkten gemeinsam orientiert. Alle Bildrichtungen für die Orientierung der Aufnahmerichtungen und für die folgenden Wagenortsberechnungen wurden mit mehrfachen gemittelten Komparatoreinstellungen aus den Meßplatten entnommen und als beobachtete Richtungen verwendet. Die senkrechten Bildmaße für die Höhenwinkel zur Wagenortsbestimmung und zur Ueberprüfung betreffend Plattenkippungen wurden ebenfalls den Meßplatten entnommen und die Höhenwinkel auf die schräge Bildrichtung bezogen. Für die Orientierung der Aufnahmerichtungen von 149 Meßplatten, für die Bestimmung der beobachteten Richtungen und Höhenwinkel zu 36 Wagenorten aller Ausnahmefälle wurden 3666 Komparatoreinstellungen ausgeführt.

Da sich, insbesondere bei der Aneinanderreihung von Platten zur gemeinsamen Orientierung der Aufnahmerichtungen, zeigte, daß die Unterschiede der durch die unmittige Optik erhaltenen Bildrichtungen zu den Paßpunkten mit ihren gegebenen, auf die Kamera-Drehachse bezogenen trigonometrisch orientierten Richtungen bemerkbar wurden, war es notwendig, die Richtungen Standpunkt—Paßpunkte auf die Kameraobjektive zu beziehen. Bei der Lagen- und Höhenberechnung der Wagenorte waren die Baumaße für die Art der auf den Laufwagen der Seilbahn abseits des Tragseiles angebrachten Zieltafeln und die auf diese gerichteten, beobachteten, aus den Meßplatten entnommenen Richtungen zu berücksichtigen und damit erst die tatsächlichen Wagenorte am Tragseil zu berechnen. (Abb. 1 und 2.)

Die vorläufige Berechnung der Wagenorte erfolgte bei der Seilbahnaufnahme aus der gegebenen Richtung der Seilspur und aus einer möglichst senkrecht auf dieser stehenden Richtung von einem Bildstandpunkt. Mit den erhaltenen vorläufigen Koordinaten eines Hilfspunktes O′ wurden die vorläufigen Neigungen zu den übrigen Standpunkten gerechnet und im graphischen Ausgleich vom Hilfspunkt aus dargestellt. (Abb. 3.) Gleichlaufend mit der Seilspur wurden die in die Zieltafelwage verlegten Seilspuren in einem bestimmten Maßverhältnis dargestellt. Der Schnittpunkt der verlegten Seilspur auf der Seite des zur vorläufigen Lageberechnung verwendeten Standpunktes mit der Neigung zu ihm ergibt die vorläufige Lage einer Zielscheibe und in der Senkrechten auf die anderen Seilspuren den vorläufigen Wagenort C′ und die vorläufige Lage der zweiten Zielscheibe. An den orientierten Richtungen von den Standpunkten zu den Zielscheiben werden unter Berücksichtigung der Seitenlangen die Verlegungsgrößen zum Ausgleichsmittelpunkt angebracht, welche aus den senkrechten Abständen der Zielscheibenpunkte A′ und B′ zu den auf ihrer Seite dargestellten Neigungen abgenommen werden können. Der Unterschied der vorläufigen Neigung vom Hilfspunkt O′ zum Standpunkt gegen die verlegte orientierte Richtung ergibt den Widerspruch ω, mit welchem die verlegte orientierte Richtung von der dargestellten Neigung aus aufgetragen wird. Da der gesuchte Wagenort auf der Seilspur liegen muß, wird auf dieser von den Schnittpunkten der verlegten orientierten Richtungen aus, unter Berücksichtigung der Seitenlangen, ein Ausgleichspunkt O gewählt. Der Abstand O′ bis O wird von der Darstellung des vorläufigen Wagenortes C′ auf der Seilspur im gleichen Sinn aufgetragen und damit der endgültige Wagenort C und beiderseits in der Senkrechten auf den verlegten Seilspuren die endgültigen Zielscheibenpunkte erhalten. Die Koordinatenunterschiede dieser neuen Punkte vom Hilfspunkt O′ werden im Maßverhältnis der Darstellung der verlegten Seilspuren abgenommen und an den vorläufigen Koordinaten des Hilfspunktes angebracht. Als Rechenprobe werden von A und B aus die endgültigen Richtungswinkel zu den Standpunkten gerechnet und die Verbesserungen gegen die ursprünglich orientierten Richtungen gebildet, welche gleich oder nahezu gleich den aus dem graphischen Ausgleich senkrecht von O aus abgenommenen Verbesserungen zu den dargestellten verlegten orientierten Richtungen sein müssen.

Zur Höhenberechnung werden die endgültigen Seiten Standpunkt-Zieltafeln und die Höhenwinkel aus der Komparatorausmessung der Aufnahmeplatten verwendet. Die Ergebnisse haben für die Punkte A und B gleich oder nahezu gleich zu sein, werden gemittelt und sind, um die Zieltafelhöhe über dem Seil geändert, die Höhe des Wagenortes C. Haben beim graphischen Ausgleich eine oder die andere geänderte orientierte Richtung gegen den Ausgleichspunkt O auffallend abseitige Lagen gezeigt, oder sich bei der Höhenberechnung größere Fehler als ± 6 cm ergeben, so wurden die Platten des betreffenden Wagenortes von den Komparatorausmessungen an neu bearbeitet. Alle Wagenorte wurden im Grund- und Aufriß dargestellt, und ihre Verbindungen ergaben die Wagenortskurven im Seilfeld oder beim Stützenübergang mit belasteten und unbelasteten Wagen.

Für die Ermittlung der Höhen der übrigen Seilpunkte zur Darstellung der Aufrisse der Seilkurven jedes einzelnen Wagenortes wurden für die Leerseil- und Seilfeldaufnahmen in der Grundrißdarstellung 1 : 1000 Seilpunkte in Abständen von je 5 m, für die Stützenübergangsaufnahme in der Grundrißdarstellung 1 : 500 Seilpunkte in Abständen von je 2 m gewählt und dargestellt. Die Grundrißdarstellung bezog sich immer auf die beiden übereinanderliegenden Seilpunkte am Trag- und Zugseil. Die Höhenbestimmung der Seilpunkte erfolgte mittels des Autographen. Auf der am Zeichenbrett des Autographen für jeden Standpunkt orientiert eingelegten, nach den Richtungen zu gegebenem Paßpunkte und den gerechneten Wagenorten überprüften Grundrißdarstellung hatte ein Gehilfe den Zeichenstift auf den auszumessenden Seilpunkt einzustellen. Der Autogrammeter hatte auf der im linken Plattenlager des Autographen eingelegten Meßplatte die Veränderung der Markenstellung gegen das Seilbild zu beobachten und die Höheneinstellung der Marke zu ändern. Die Seilpunkthöhe wurde am Höhenmaßstab des Autographen abgelesen und durch den Gehilfen in einem Punktverzeichnis vorgemerkt. Dieselben Seilpunkte wurden in der geschilderten Art in den Meßplatten von allen anderen Standpunkten aus eingestellt, in welchen Aufnahmen für denselben Wagenort erfolgten. Aus den eingelegten Meßplatten wurden für denselben Grundrißpunkt immer die Seilpunkthöhen des Trag- und Zugseiles abgenommen. Für 136 im Grundriß gewählte Seilpunkte der Leerseil- und der Seilfeldaufnahmen wurden 2179, und für 152 im Grundriß gewählte Seilpunkte der Stützenübergangsaufnahmen wurden 7263 Autographeneinstellungen aus zusammen 149 Meßplatten für die verschiedenen Lagen der beiden Seile in 37 Aufnahmefällen ausgeführt. Die Ergebnisse der mehrfachen autographischen

Höhenbestimmungen wurden für jeden Seilpunkt gemittelt und, nach Wagenortskurven bzw. Aufnahmefällen geordnet, in Koordinaten- und Höhenverzeichnisse aufgenommen.

Die Aufrißdarstellung aller Seilkurven für die Leerseilaufnahme und für die 36 Wagenorte der Seilfeld- und Stützenübergangsaufnahme, die im Maßverhältnis der

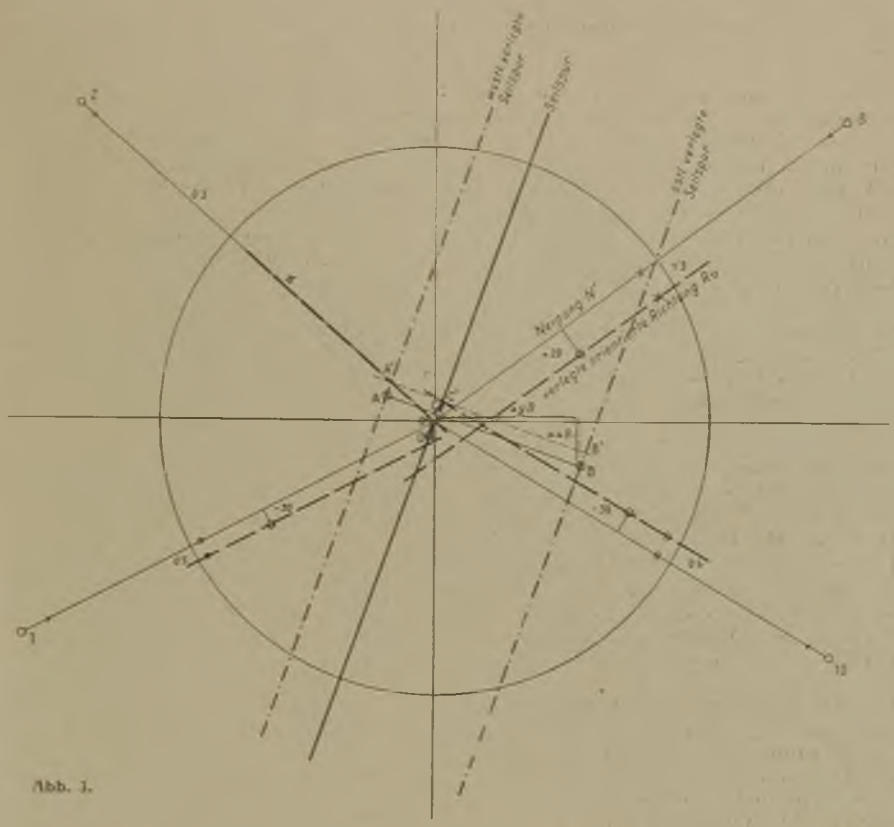


Abb. 1.

Punkt: Seilfeld, unbelasteter W. Wagenort 4

$$y' = +2.135.12 \begin{cases} -0.20 \\ +0.01 \\ +0.61 \end{cases} = y = 2.13 \begin{cases} 4.92\ y\,A \\ 5.13\ y\,C \\ 5.73\ y\,B \end{cases}$$

$$x' = +1.176.07 \begin{cases} +0.10 \\ +0.03 \\ -0.19 \end{cases} = x = 1.17 \begin{cases} 6.17\ x\,A \\ 6.10\ x\,C \\ 5.88\ x\,B \end{cases}$$

Punkte	N′ Vorläufiger Neigungs-∢	R_o Orient. Richtung	R_v Verlegte orient. Richtung	ω	v	s in km
♂ 1	242° 15′ 40″	242° 07′ 30″ + 8 40 (Verlegung von A, B nach 0′)	242° 16′ 10″	— 30	— 12	0.5
♂ 2	311° 35′ 20″	311° 35′ 20″ ± 0 00	311° 35′ 20″	Ø	+ 32	0.3
♂ 8	53° 58′ 10″	53° 56′ 23″ + 1 27	53° 57′ 50″	+ 20	+ 14	1.3
♂ 10	120° 51′ 30″	120° 53′ 12″ — 1 12	120° 52′ 00″	— 30	— 47	0.6

Grundrißdarstellungen erfolgte, erforderte, da jeder Seilpunkt des Grundrisses in beiden Seilen und in den Kurven mehrerer Wagenorte vorkam, die koordinatenmäßige Auftragung von 13 608 Punkten. Für die Wiedergabe der Grundriß- und Aufrißdarstellungen, für die Koordinatenverzeichnisse und für die sonstigen Beilagen des gesamten Operates wurden für 41 Blätter Reinzeichnungsmatrizen zur Herstellung von Trockenlichtpausen angefertigt. Außerdem wurden im ganzen 894 Lichtbilder hergestellt.

Die Bewältigung der umfangreichen Arbeiten für die Seilschwebebahn erforderte nachfolgende Leistungen:

Für die Ausmittlung und trigonometrische Bestimmung von 33 Neupunkten, für die Messung einer geodätischen Basis durch einen Vermessungsbeamten 44 Feldarbeitstage, einschließlich Reisen und Vorbereitungen, und 50 Kanzleiarbeitstage.

Für die photogrammetrischen Aufnahmen 1 Vermessungsbeamter für die Leitung und 4 Vermessungsbeamte für die Arbeiten in den Bildstandpunkten mit zusammen 41 Arbeitstagen, einschließlich Reisen und Vorbereitungen.

Die Kanzleiarbeiten für die Komparatorausmessungen, photogrammetrischen Berechnungen, autographischen Auswertungen, photographischen und Zeichenarbeiten erforderten insgesamt 463 Arbeitstage.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse aus der bauingenieurmäßigen Auswertung der Meßbildauswertungen nach den Berechnungsgrundlagen des Herrn Sektionsrats Dr. Franz Skrobanek des Bundesministeriums für Handel und Verkehr und nach den Vergleichsrechnungen des Herrn Ing. Levasseur des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen ergaben:

„Die theoretische mechanische Erkenntnis, daß die Seile ihren Durchhangskurven nach als vollkommen gelenkige, jedoch elastisch dehnbare Kettenlinien anzusehen sind, haben die Lichtbildaufnahmen erwiesen.

Das Meßbild liefert mit praktisch weitaus genügender Schärfe und Sicherheit das Kräftespiel im Seil oder Drahtkabel.

Das im Lichtbild festgehaltene Seil ist an sich zugleich sein eigener Kraftmesser, und es ist nicht notwendig, ja sogar weitaus ungenauer, die im Seil oder in Seilgruppen herrschenden Kräfte mittels umständlich und betriebsstörend einzubauender Dynamometer zu messen."

Die Vergleichsrechnungen ergaben:

Für das Tragseil der Donau-Seilfähre bei Marbach mit einer Spannweite von 383 m und einer Pfeilhöhe von 10 m die Abweichung der Höhenlage des photogrammetrischen Bildpunktes vom errechneten theoretischen Seilpunkt mit demselben Grundriß im Mittel mit ± 6,1 cm und dem Maximum von + 13 cm. Für das 51 mm starke Tragseil der Kanzelbahn bei Villach im 1. Seilfeld mit einer Spannweite von 683 m und Höhenunterschied von 339 Meter eine Abweichung der Höhenlage des photogrammetrischen Bildpunktes vom errechneten theoretischen Seilpunkt mit demselben Grundriß im Mittel mit ± 2,8 cm und dem Maximum von + 6 cm. Für das nur 22 mm starke Gegenseil der Seilbahn sind das Abweichungsmittel ± 6,2 cm und das Maximum + 15 cm. Die Ueberprüfung des Tragseilmetergewichtes aus der durch photogrammetrische Auswertung gewonnenen Seilform ergab $p = 9{,}84$ kg pro laufendes Meter gegenüber 9,9 kg pro laufendes Meter der Seilbeschreibung.

Schon aus diesen derzeit vorliegenden Ergebnissen der Vergleichsrechnung können für die Aufnahmen und Auswertungen der Photogrammeter folgende Richtlinien abgeleitet werden:

„Für die Einhaltung strengster Genauigkeitsgrenzen ist die Standpunktentfernung vom aufzunehmenden Seil nach der Seilstärke zu richten.

Bei den Aufnahmen ist die Bestimmung der Aufnahmerichtungen mit Aufsatztheodoliten der photogrammetrischen Instrumente nicht erforderlich, wenn zahlreiche Einpaßpunkte gegeben sind, die mit abgebildet werden.

Für die Aufrißdarstellung sind bei der Aufnahme der Seile an diesen keine besonderen Punktbezeichnungen erforderlich und für die Seilpunkthöhenbestimmung die autographische Einzelbildauswertung mit Entfernungseinstellungen nach dem Grundriß anzuwenden."

Ein neues Universal-Auswertegerät für beliebige Aufnahmen (Universal-Stereograph)

Von Prof. Dr. Ing. Koppmair, Graz.

Vortrag, gehalten auf der Jubiläumstagung der österr. Ges. f. Photogrammetrie in Wien, März 1932.

Auf Grund der generellen Lösung der Grundaufgabe der Photogrammetrie, die in den A.V.-N.[1] veröffentlicht wurde, habe ich für die praktische, mechanische Lösung dieser Aufgabe ein Gerät, den sogenannten Orientierungsapparat, entworfen. Es sei mir gestattet, einleitend einiges darüber zu sagen:

Das Prinzip des Apparates sowie das Verfahren ist einfach (Abb. 1). Auf der Innenfläche einer Kugel ist ein Meridiankreisbüschel (m_1, m_2) aufgezeichnet, dessen Träger (C_1 C_1) als Kernachse von Aufnahmepaaren B_1 B_2 benutzt wird. Die beiden zu orientierenden Aufnahmen werden auf die Innenfläche dieser Kugel projiziert, und zwar mit Objektiven O_1 O_2, die mit der Linse der Aufnahmekammer vollkommen übereinstimmen, was für die Einschränkung der Zeichnungsfehler dieser Aufnahmelinse wichtig ist.

Mit Hilfe der kardanischen Aufhängung der beiden Kammern wird nun die Lage der Bildpunkte auf der Kugelfläche so verändert, daß einander entsprechende Bildpunkte (p_1, p_2) auf ein und denselben Meridian (m_1 oder m_2) zu liegen kommen[2]. Die dazu notwendigen Bewegungen der Kammern bzw. der Kammerachsen werden an Teilkreisen abgelesen, womit die gegenseitige Orientierung zweier Aufnahmen zahlenmäßig bekannt ist.

Wird nun eine terrestrische Aufnahme, in der ja die Orientierung gegen das Lot bekannt ist, mit einer Aufnahme einer Flugkette in dem Apparat vereinigt, so ist auch in der Flugkette die Lotrichtung bekannt.

Um die Lage einander entsprechender Bildpunkte gegenüber den Meridianlinien mit größter Genauigkeit beurteilen zu können, ist in dem Mittelpunkt der Kugel ein stereoskopisches Betrachtungssystem angesetzt, das bei parallelen Blickrichtungen ständig die Beobachtung in Kernebenen gestattet. Die Betrachtung erfolgt also unter Ausnützung des Optimums des stereoskopischen Effektes.

Wichtig ist, daß das Betrachtungssystem außerhalb der Genauigkeitsfrage steht, es hat mit dem Prozesse der Orientierung nichts zu tun, nachdem nur die relative Lage der Bildpunkte gegenüber den Meridianen in ein und derselben Fläche zu betrachten ist: die Meridiane m_1, m_2 erfüllen hier die Funktion von Meßmarken.

Die Fehlerfortpflanzung kann bei dem Folgebildanschluß je nach dem Zwecke und der angestrebten Genauigkeit beliebig oft unterbunden werden, und zwar durch eine dazwischen geschaltete terrestrische Aufnahme, so ähnlich etwa wie bei einem großen Landes-Dreiecksnetze die Fehlerfortpflanzung durch astronomische Azimutmessungen eingeschränkt wird.

Dieser Orientierungsapparat verfolgt den Zweck, ohne kostspielige Bodentriangulierung Luftaufnahmen gegeneinander und die Aufnahmepaare gegen das Erdlot zu orientieren.

Weiterhin ist der Apparat durch Beigabe eines Theodolitsystems als Triangulator ausgebaut, sodaß für jeden beliebigen Bildpunkt, der auf den Aufnahmen enthalten ist, die richtigen Horizontal- und Höhenwinkel gemessen werden können.

Außerdem kann damit in einer Flugkette die wirkliche Nadirtriangulierung durchgeführt werden, und zwar in jedem Gelände (mit den größten Höhenunterschieden), unter Ausschaltung des Einflusses der Neigung der Kammerachsen und der Fehler, die durch die Höhenunterschiede im Gelände entstehen, da ja der wirkliche Nadir-Punkt jetzt bekannt ist; bisher war nur Hauptpunkttriangulierung möglich. Dieser Gesichtspunkt dürfte für die Aerotriangulation und weiterhin für die Vermessung bisher unerforschter Gebiete ausschlaggebend sein.

---

[1] Koppmair, Generelle Lösung der Grundaufgabe der Photogrammetrie, Allgem. Vermessungs-Nachrichten 1931, Nr. 33 bis 40.

[2] Theoretisch sind zur Lösung dieser Aufgabe mindestens fünf solcher Punktpaare notwendig.

Dabei können jetzt alle drei Winkel der Dreiecke gemessen werden, die in den Nadirrauten vorkommen, da die parallaktischen Winkel ($p_2 M p_1$) in dem gemeinsamen Aufnahmezentrum M erscheinen.

Der Folgebildanschluß ist ohne Weiterungen möglich, also ohne Vertauschung oder Neueinlegen der Platten, da hier beide Aufnahmen in einem gemeinsamen Zentrum zusammengelegt sind. Diese Vereinigung ist hier dadurch möglich, daß man dem Meridianbüschel für jede Aufnahme eine andere Bedeutung zulegt. Die beiden Meridianbüschel sind dann, obwohl nur eines gezeichnet vorliegt, in beiden Aufnahmen um einen beliebigen konstanten[3] Winkel um die Kernachse gegeneinander verdreht. (Abb. 1.)

Weiterhin ist die Beschaffung von Entzerrungsgrundlagen möglich, wobei die Höhenunterschiede $P_1 p_1$; $P_f p_f$ (Abb. 2) der Paßpunkte berücksichtigt werden können: Zusammen mit der zu entzerrenden Aufnahme B_1 wird eine fingierte Aufnahme in den Orientierungsapparat eingelegt. Diese fingierte Aufnahme entsteht dadurch, daß die Paßpunkte $p_1 \ldots p_f$ von der Karte E_1 auf eine Ebene E_2 projiziert werden, die auf der Kartenebene senkrecht steht und von dem beliebig wählbaren Projektionszentrum O_2 den Abstand f hat, wobei f die Brennweite der Aufnahmekammer ist.

Dadurch können künftighin auch die Entzerrungsgeräte einfacher gestaltet werden.

Die Verwendbarkeit des Orientierungsapparates oder dieses Prinzipes für andere, der Bildmessung verwandte Gebiete habe ich bei meinem Vortrage in Hannover[4] angedeutet, das will ich hier nicht wiederholen.

Wichtig erscheint mir in dem vorliegenden Zusammenhang die Möglichkeit, mit dem Orientierungsapparat solche Vorarbeit leisten zu können, daß sich künftighin die Luft-

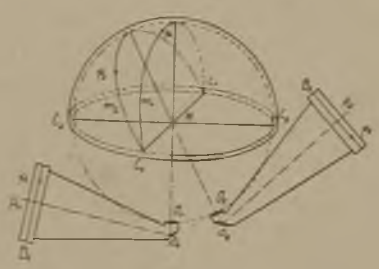


Abb. 1.

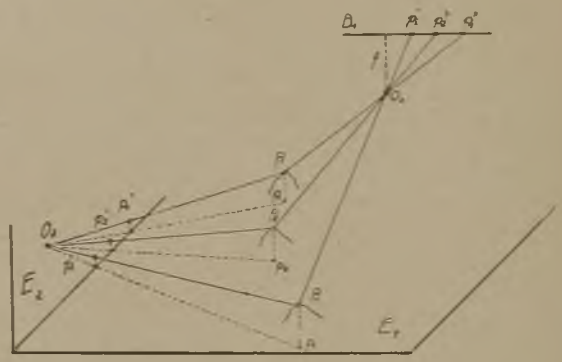


Abb. 2.

aufnahmen von den terrestrischen nicht mehr unterscheiden (bis auf das Plattenkorn), nachdem die äußere Orientierung ohne Bodenpunkte genau so wie bei terrestrischen Aufnahmen bekannt ist.

Was nun die eigentliche Ausmessung der Bilder anbetrifft, so kann dieselbe nach dieser Vorarbeit prinzipiell mit einem Stereoautographen vorgenommen werden.

Nachdem mir aber auch der Stereoautograph durch seine Schienenanlage etwas kompliziert erschien und vor allem nicht für beliebige Luftaufnahmen verwendbar ist, habe ich ein neues Auswertegerät (z. Pat. angem.) entworfen, dessen Betrachtungssystem dem des Stereo-Autographen an Einfachheit nahesteht und trotzdem die Auswertung von beliebigen Aufnahmen (Luft- oder terrestrische Aufnahmen) ohne Zwischenprojektion ermöglicht. Wichtig ist, daß ständig nur in Kernebenen beobachtet wird und daß der Folgebildanschluß ohne irgendeine Weiterung vorgenommen werden kann.

---

[3] Die Größe dieses konstanten Winkels ist in der praktischen Ausführung durch den Abstand der Meridianlinien auf der Kugel bedingt.

[4] Koppmair, Neue Möglichkeiten der Luftphotogrammetrie, Z. f. V. 1931, H. 24, S. 744.

I. Theorie:

Die Theorie dieses neuen Auswertegerätes beruht auf folgendem:

Es sollen die Aufnahmen B_1 und B_2 (Abb. 3) in den Punkten O_1 und O_2 vorliegen. Der Einfachheit halber sei hier angenommen[5] (1. Voraussetzung), daß die Aufnahmezentren O_1 und O_2 in der Horizontalebene $O_1 O_2 P$ liegen. Die Aufnahmeachsen $A_1 O_1$ und $A_2 O_2$ dagegen sollen schon eine beliebige Lage einnehmen.

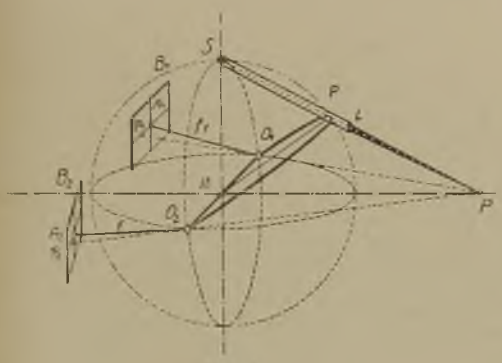


Abb. 3.

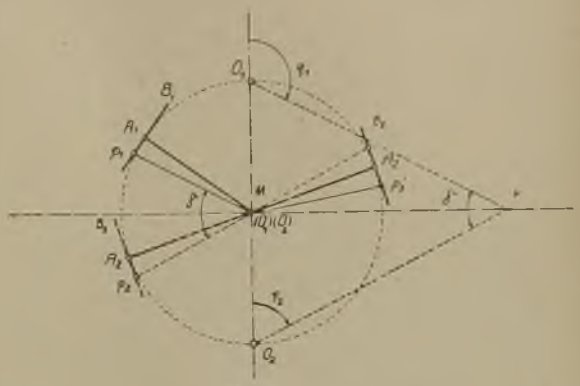


Abb. 4.

Durch die beiden Bildpunkte p_1 und p_2 sind dann in diesem Aufnahmesystem, das bereits richtig gegeneinander und gegen das Lot orientiert sein soll (2. Voraussetzung), etwa durch die Vorarbeit am Orientierungsapparat, die beiden Zielstrahlen $p_1 O_1$ und $p_2 O_2$ bestimmt.

Die beiden Lotebenen durch die Zielstrahlen schneiden sich dann in einer in P lotrechtstehenden Geraden, deren Durchstoßpunkt durch die Horizontalebene $O_1 O_2 P$ den Grundriß P des Geländepunktes P darstellt.

Die Spuren der Lotebenen durch die Zielstrahlen schließen in der Horizontalebene in P den parallaktischen Winkel γ ein.

Alle Punkte, deren Grundrißstrahlen ($p_1 O_1$, $p_2 O_2$) denselben parallaktischen Winkel γ einschließen, also Punkte gleicher „Winkelparallaxe", liegen in der Horizontalebene auf einem Kreise, der durch die Aufnahmezentren O_1, O_2 geht.

Die horizontale Grundrißebene kann also als Gesamtheit des ebenen Kreisbüschels aufgefaßt werden, das die Basis $O_1 O_2$ als Träger hat und durch die Parallaxen $0 < \gamma < 90°$ bestimmt ist.

Dieses ebene Kreisbüschel kann nun als stereographische Projektion einer Kugel aufgefaßt werden, deren Mittelpunkt in der Basismitte M liegt und deren Durchmesser der Basislänge $O_1 O_2$ gleich ist.

Das stereographische Projektionszentrum S liegt bezüglich der Horizontalebene senkrecht über M auf der Kugelfläche.

Durch diese Auffassung ist es möglich, jedem Grundrißpunkt P eindeutig einen Punkt P′ auf der Kugel zuzuordnen, sodaß P das stereographische Bild des Kugelpunktes P′ ist.

Für die mechanische Konstruktion ist nun wichtig, daß der Kugelmeridian durch P′ mit dem Hauptmeridian durch S denselben Winkel γ einschließt, den die Grundrißstrahlen $O_1 p_1$, $O_2 p_2$ in P miteinander einschließen.

---

[5] Für die Lösung der vorliegenden Aufgabe ist diese Annahme nicht bindend, die Aufnahmezentren O_1 und O_2 können irgendeine Lage im Raum einnehmen.

Dieser Winkel γ (Abb. 4) ist nun bekanntermaßen nichts anderes als die Differenz der Richtungswinkel φ_1, φ_2, welche die Grundrißstrahlen $O_1 P$, $O_2 P$ mit der Basis $O_1 O_2$ einschließen, also $\gamma = \varphi_1 - \varphi_2$.

Zur Herstellung des Grundrißpunktes P ist also folgendes notwendig:

1. Der Meridianbogen $O_1 O_2 P'$ (Abb. 3) muß gegen den Hauptmeridian $O_1 O_2 S$ um den Winkel γ geneigt sein; dann kann der um S drehbare Projektionsstrahl $S P'$ nur mehr Punkte projizieren, die dieselbe Parallaxe γ haben. (1. Geom. Ort.)

2. Der Projektionsstrahl $S P'$ muß in die Lotebene durch $M P$ gebracht werden. (Lotebene = 2. Geometrischer Ort.)

Um diese 2. Bedingung mechanisch einhalten zu können, wird folgendes durchgeführt (Abb. 4): Die Kammerachsen $A_1 O_1$, $A_2 O_2$ werden samt Plattenebene B_1, B_2 parallel zu sich selbst so verschoben, daß die Aufnahmezentren O_1 und O_2 in M (Kugelmittelpunkt) zusammenfallen. Dadurch schneiden sich alle Zielstrahlen samt Grundrißstrahlen im Punkte M und die parallaktischen Winkel γ haben alle den Punkt M zum Scheitel. Die Zielstrahlen liegen nun parallel zu ihrer Ausgangslage in $p_1 M$, $p_2 M$.

In einem an sich beliebigen Abstande von M (Abb. 5) bringt man nun eine zu $O_1 O_2$ parallele, gerade Strecke $p_1 p_2$ so an, daß

1. ihre Endpunkte p_1, p_2 immer auf den Zielstrahlen $p_1 M$, $p_2 M$ gleiten;

2. die Gerade $p_1 p_2$ nur parallel zu sich selbst bzw. zu $O_1 O_2$ verschoben werden kann; dann zeigt die Verbindungslinie $C M$ immer nach dem Punkte P, wenn C der Mittelpunkt der Strecke $p_1 p_2$ ist. Der Beweis hierfür ist sehr einfach, es ist nämlich immer $\operatorname{ctg} \varphi = \frac{1}{2} (\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi_2)$.

Eine grundlegende Schwierigkeit bot nun die Tatsache, daß die Grundrißpunkte P (besonders bei terrestrischen Aufnahmen kommt das in Betracht) meist erheblich weit,

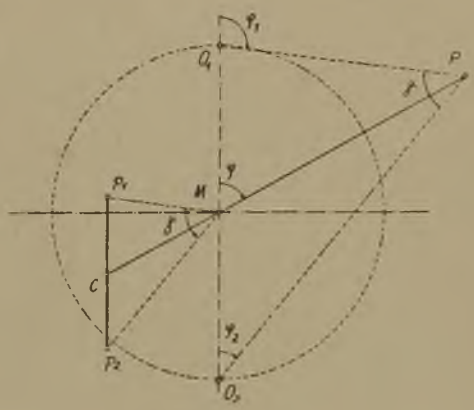


Abb. 5

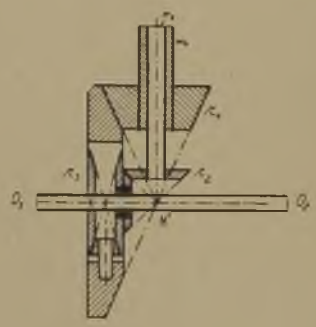


Abb 6.

10- bis 15mal der Basislänge, von der Basis $O_1 O_2$ entfernt liegen, wodurch die Schnitte des Projektionsstrahles $S P'$ mit der Horizontalebene schleifend werden. Diese Entfernung ist auch der Grund, warum der Stereo-Autograph eine in horizontaler Richtung weit ausgedehnte Schienenanlage notwendig hat.

Das kann aber hier sehr leicht beseitigt werden. Man ordnet den Parallaxenkreisen in der Ebene auf der Kugel Kreise zu, welche jeweils um die Basis $O_1 O_2$ um einen bestimmten Winkel δ_i gegen die ursprünglichen Kugelkreise gedreht sind; das wirkt sich praktisch lediglich dahin aus, daß der Projektionsstrahl $S P'$ mit seiner Ausgangsstellung jeweils diesen Winkel δ_i einschließt.

Der neue Grundrißpunkt liegt dann gegen die Basis genau so, wie wenn diese parallel zu sich selbst in das Gelände vorgeschoben wäre[6].

Ueber die Rekonstruktion des Aufrisses ist wenig zu sagen, da sie genau auf demselben Prinzip wie die Grundrißkonstruktion beruht. Man braucht sich nur das ganze System um die Kernachse $O_1 O_2$ um 90° gedreht zu denken, dann wird die Grund- zur Aufrißebene; das Projektionszentrum liegt nun in der Horizontalebene, sonst bleibt alles wie bisher angedeutet.

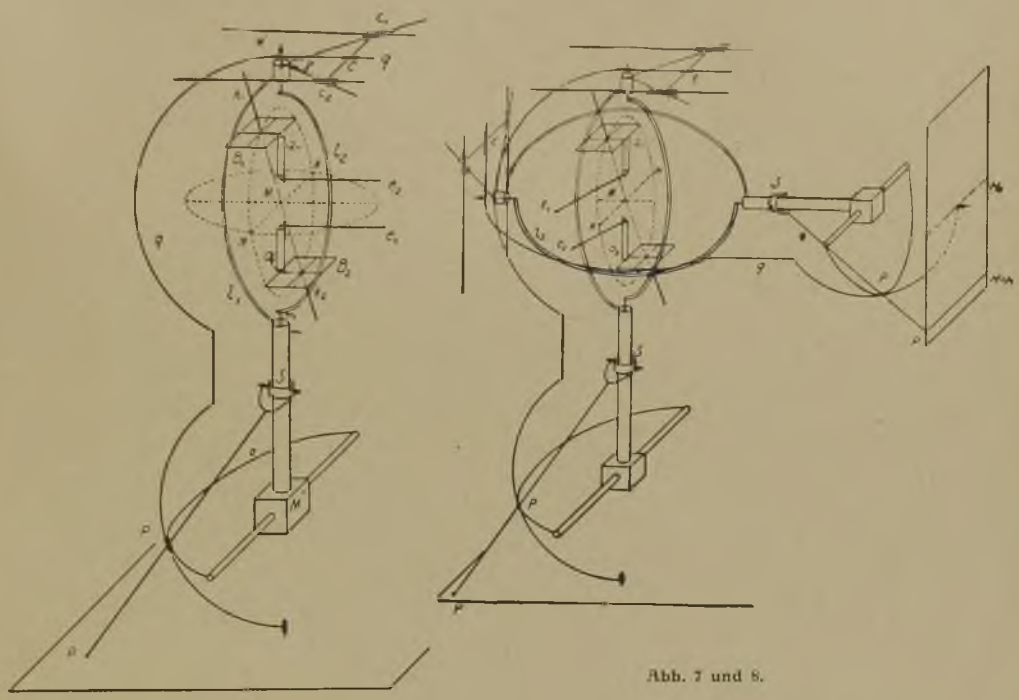


Abb. 7 und 8.

Der Maßstab des rekonstruierten Grund- oder Aufrisses ist lediglich von der Wahl des Radius M P′ abhängig.

Wird die eingangs gemachte Voraussetzung 1 wieder aufgehoben, sodaß also die Basis $O_1 O_2$ nicht mehr horizontal liegt, so tritt an Stelle des Aufnahmezentrums O_2 dessen Orthogonalprojektion O'_2 auf die durch O_1 gelegte Horizontalebene und der Durchmesser der Kugel ist jetzt durch die Länge $O_1 O'_2$ bestimmt; außer dieser Basisverkürzung ändert sich dadurch an dem bisherigen Verfahren nichts.

Das bildet in groben Zügen die theoretische Grundlage des neuen Apparates.

II. Praktische Ausführung.

Die Realisierung dieser Theorie geht nun auf folgendem Wege vor sich:

I. Um die beiden Aufnahmen auch bei vollkommener Parallelität der Kammerachsen in dem Punkte M zusammenlegen zu können (Abb. 4), wird die Aufnahme B_2 in ihrer Lage verändert:

1. um die Achse SM um 180° gedreht,
2. um die Kammerachse A_2 M um 180° gedreht.

[6] Der Beweis hierfür würde die vorgegebene Zeit überschreiten, ich werde denselben an anderer Stelle erbringen.

Dadurch bleiben zusammengehörige Bildpunkte p_1, p_2 nach wie vor in ihren Kernebenen, und zwar die Bildpunkte der Aufnahme B_2 in der rückwärtigen Verlängerung der Kernebene der 1. Aufnahme B_1. Die beiden Aufnahmen können nun jede beliebige Lage gegeneinander einnehmen, was für den Folgebildanschluß besonders und schließlich auch für die Anordnung des Betrachtungssystems wertvoll ist. Letztlich spielt es dabei auch keine Rolle mehr, ob es sich um terrestrische oder um Luftaufnahmen handelt, die Anordnung bleibt immer dieselbe.

II. Die mechanische Darstellung der Gleichung $\gamma = \varphi_1 \pm \varphi_2$ erfolgt durch Differentialgetriebe, die sich sehr genau herstellen lassen; dieselben sind heute besonders durch ihre Verwendung bei dem Antriebe der Automobile (Regelung der Geschwindigkeit in Kurven) bekannt.

Dreht sich die Achse m_1 (Abb. 6) um den Winkel φ_1 und die Achse m_2 um den Winkel φ_2, so wird sich die horizontale Achse $M' O_2$ mit Hilfe der Kegelräder (r_1, r_2, r_3) und des Teller- und Planetenrades um $\varphi_1 \pm \varphi_2 = \gamma$ drehen, wobei mit dieser Achse $O_1 M' O_2$ der Meridian $O_1 O_2 P'$ fest verbunden ist.

III. Das Betrachtungssystem besteht aus zwei feststehenden Mikroskopen a_1, a_2 (Abb. 7), die mit ihren optischen Achsen auf einem Kugeldurchmesser liegen und mit ihren Objektiv-Enden immer auf den Plattenebenen B_1, B_2 aufsitzen. Der Einblick ist um 90° gegen die Mikroskop-Achsen geknickt und bei e_1, e_2 angebracht zu denken. Das Betrachtungssystem fällt mit dem Kernachsensystem zusammen, sodaß bei jeder Aufnahmerichtung immer nur in Kernebenen und bei paralleler Blickrichtung beobachtet wird. Die stereoskopische Betrachtung des Bildinhaltes geht nun dadurch vor sich, daß 1. die Bildhalter zusammen als starres System um die Kernachse NMN gedreht werden, wodurch jedesmal eine andere Kernebene vor das Objektiv gebracht wird; 2. jeder Bildhalter in der jeweiligen Kernebene um M geschwenkt wird.

IV. Der Antrieb erfolgt durch Meridianbügel l_1, l_2, die dem Horizontalsystem angehören, welches gegen das feststehende Kernachsensystem verdrehbar ist, sodaß die Neigung der Kernachse gegen den Horizont jedesmal eingestellt werden kann.

Die Bewegungen der Plattenhalter im Kernachsensystem übertragen sich durch die schematisch angesetzten Stifte k_1, k_2 auf die Meridianbügel, welche nur die horizontale Winkelkomponente φ_1, φ_2 aufnehmen und diese dem horizontalen Arm $M' C_1$ bzw. $M' C_2$ und den vertikalen Achsen m_1, m_2 des Differentialgetriebes übermitteln.

Der Doppelmeridian q, der mit $M_1 C$ (C = Mitte von $C_1 C_2$) starr verbunden ist, gibt nun dem Projektionsarm SP' jeweils die Einstellung in die richtige Lotebene und das Differentialgetriebe in M gibt dem Meridian o jeweils die richtige Neigung γ, sodaß etwa eine in P' angebrachte Linse von der Lichtquelle S den Bildpunkt P entwirft. (Abb. 3 u. 7.)

Bringt man nun dieselbe Vorrichtung um 90° in den Horizont gedreht nochmals an (Abb. 8), so entwirft der Projektionsstrahl SP' auf der lotrechten Ebene den Aufriß des Geländes.

Wird die Schiene PH an dem Höhenlineal auf eine bestimmte Kote, z. B. H_1, eingestellt, so beschreibt SP' im Grundriß Kurven gleicher Höhe.

Die Dimensionen des Gerätes sind an sich gering, da das Grundmaß als Durchmesser der Projektionskugel = 2 f = 2 mal Brennweite der Aufnahme gegeben, aber nicht an eine bestimmte Brennweite gebunden ist.

Aus diesen Ausführungen ist ersichtlich, daß dieses Gerät universell für jede beliebige Aufnahme verwendbar ist, da keine Einschränkung gemacht wurde.

Die ersten luftphotogrammetrischen Arbeiten des Militär-Geographischen Instituts in Rumänien mit Hugershoffschen Geräten

Von Lt.-Colonel Wilhelm Miorini.

Das Militär-Geographische Institut in Rumänien hat nach reiflicher Ueberlegung im Jahre 1928 beschlossen, das luftphotogrammetrische Auswerteverfahren, seiner bekannten Vorteile wegen, in seine Dienste zu stellen. — In der engeren Wahl entschied man sich für die Hugershoffschen Instrumente, die im Frühjahr 1929 in Bukarest aufgestellt wurden.

Ueber die Art und Bedingungen der Abnahme wurde bereits in den „Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten" 1930, Seite 201, berichtet.

Im Jahre 1929 konnte das Auswertepersonal — im erwähnten Bericht sind die Gründe näher angeführt — auf photogrammetrischem Gebiet fast nur theoretisch herangebildet werden. — Gleichzeitig wurden aber auch in den Gegenden, in denen luftphotogrammetrische Aufnahmen für die nächsten Jahre geplant waren, das ziemlich veraltete Netz der Landestriangulation wieder aufgerichtet und dabei Verdichtungen vorgenommen.

Das Arbeitsprogramm umfaßte 8 Aufnahmeblätter im Originalmaßstab 1 : 10 000 zu je 25 qkm. — Aus Uebungsgründen hatte man 2 Blätter im reinen Flachland (Ueberschwemmungsgebiet der unteren Donau), die restlichen 6 in Gebieten mittlerer Geländeklassen (Hügelland bis zu 150 m relativer Höhe) gewählt.

Zunächst konnte auch noch nicht vorausgesehen werden, ob und wann es der Fliegertruppe möglich sein würde, dem Militär-Geographischen Institut zur Verfügung zu stehen. — Die Flieger haben zunächst nur ein einziges, zu Vermessungszwecken geeignetes Flugzeug der BFW, das aber kontraktlich für das Industrieministerium zu arbeiten hatte.

Um nun bei der Ausführung des obenerwähnten Arbeitsprogramms einige Uebung und praktische Erfahrungen zu haben und somit das Instrumentarium ökonomisch ausnützen zu können, wurde beschlossen, zunächst eine Serie von Luftaufnahmen, die eigentlich nicht zur Auswertung bestimmt waren, sondern nur zu Uebungszwecken gelegentlich eines Dauerfluges mit einer Hugershoffschen Handmeßkammer f = 18 cm aus einer mittleren Höhe von 1900 m aufgenommen wurden, mit dem Autokartographen auszuwerten.

Mitte Mai 1930 erhielt das Institut die Negative der obenerwähnten Aufnahmen. Es wurden Papierabzüge angefertigt, diese zu einer Luftbildskizze zusammengestellt und davon Verkleinerungen hergestellt, die später bei der Einmessung der Paßpunkte zur allgemeinen Orientierung dienten. — Außerdem erhielten die Partien, welche die Triangulationsarbeiten auszuführen hatten, eine Serie Abzüge, auf denen die zur Plattenorientierung erforderlichen Paßpunkte ausgewählt und bezeichnet waren.

Anfangs Juni wurden die Feldarbeiten damit begonnen, daß man alle Photogrammeter in einem 14tägigen praktischen Kursus vereinigte und hier die für die späteren Arbeiten in Betracht kommenden Methoden und Grundsätze festlegte, damit eine gleichmäßige Durchführung aller Arbeiten gewährleistet war.

Die für die luftphotogrammetrische Ausarbeitung der Pläne notwendigen Feldarbeiten gliederten sich in Abschnitte, und zwar:

1. Die Wiederaufrichtung des geodätischen Grundnetzes.
2. Die Verdichtung des geodätischen Grundnetzes zum photogrammetrischen Hauptnetz bis zu Seitenlängen von 2—3 km, welches den Zweck zu erfüllen hatte, die Paßpunkte anstandslos durch Vor- und Rückwärtseinschneiden oder durch kurze Tachymeterzüge bestimmen zu können.
3. Das Einmessen der an beide vorgenannte Netze angeschlossenen photogrammetrischen Paßpunkte.
4. Das Erheben der Nomenklaturen (Toponomie) und das Ergänzen der in der Karte darzustellenden, aber aus der Photographie nicht erkennbaren Details, wie z. B. Brunnen, Telephon- und Telegraphenleitungen usw. Diese Erhebungen sind bei jeder sich ergebenden Gelegenheit vorzunehmen und direkt auf den Abzügen einzutragen, wodurch nachträgliches Begehen meistens vermieden wird, zumal wenn es sich um offenes Gelände handelt.

Auf diese Weise wurden bis zum 1. August durch 3 Trigonometer 17 geodätische Festpunkte rekonstruiert, 12 Punkte des photogrammetrischen Hauptnetzes trigonometrisch bestimmt und über 72 Paßpunkte eingemessen.

Nachdem auch noch Ende Juli 1930 ein Ergänzungsbildflug ausgeführt wurde, konnten die Triangulationsarbeiten ungestört fortgesetzt und am 5. September beendet werden.

Die Tabelle auf S. 130 unten ergibt ein Bild von diesen Vorarbeiten.

Die Arbeitsverhältnisse müssen im allgemeinen als ungünstig bezeichnet werden, weil

1. alle Pyramiden der geodätischen Festpunkte durch die in dieser Gegend sehr heftigen Herbst- und Frühjahrsstürme umgelegt worden waren; ein Neuaufrichten aller Signale war erforderlich,
2. bei den geodätischen Festpunkten mehrfach die unterirdische Markierung aufgesucht werden mußte,
3. die Identifizierung der Paßpunkte auf den vor einem halben Jahre aufgenommenen Bildern (erster Flug) stellenweise sehr schwierig war, weil Neuanbau und Verlegung von Feldwegen größere Aenderungen in die Situation gebracht hatten.

Der bei der Feldarbeit zwar sehr angenehme, aber beim Rechnen sehr langwierige Vorgang, die Paßpunkte durch Rückwärtseinschnitt zu bestimmen, erwies sich nicht als vorteilhaft. Einmal kostete die Rechnung zuviel Zeit, und dann gab es Fälle, in denen die Genauigkeit des Ergebnisses nicht den gehegten Erwartungen entsprach, insbesondere dann, wenn man ohne Kontrollmöglichkeit sich dem „gefährlichen Kreis" allzusehr genähert hat. Aus diesen Gründen ist es vorzuziehen, die Paßpunkte durch Vorwärtseinschnitt oder kurze Tachymeterzüge zu bestimmen.

Mit der Auswertung wurde am 1. Juni begonnen. Täglich sammelten die Auswerter neue Erfahrungen, sie lernten, die Platten vom phototechnischen und flugtechnischen Standpunkt aus zu beurteilen, welches Urteil sich auf die beim Auswerten der Plattenpaare auftretenden Erscheinungen und insbesondere beim Einpassen sich ergebenden Schwierigkeiten stützte.

Der erste Bildflug hatte Aufnahmen ergeben, die keineswegs als ideal gelten konnten. Die natürliche Folge war, daß zur Auswertung, besser gesagt, zum Orientieren der Plattenpaare, mehr Zeit als sonst üblich benötigt wurde. Die Auswertung schritt zunächst langsam voran, doch diese verschiedenen Wechselfälle ergaben eine sehr gründliche Schulung des Personals.

Beim ersten Flug waren die Aufnahmen in 1900 m, beim zweiten in 2900 m Flughöhe ausgeführt worden. Hier ergab sich die Möglichkeit, die Beziehung zwischen Bildmaßstab und Kartierungsmaßstab eingehend zu studieren. Dabei fand sich, daß für den Kartenmaßstab 1 : 10 000 der günstige Bildmaßstab zwischen 1 : 15 000 und 1 : 20 000 liegt, wobei die Genauigkeit noch vollkommen den vorgeschriebenen Anforderungen entspricht, während der Inhalt eines Plattenpaares zunimmt und somit die Wirtschaftlichkeit wesentlich gesteigert wird.

An verschiedenen Orten der einschlägigen Literatur sind verschiedene mathematisch-graphische Verfahren für die Bildorientierung angegeben worden.

Der ganze Vorgang der Bildorientierung kann auch rein empirisch sein. Hierbei muß in Betracht gezogen werden, daß der Gesamtorientierungsfehler die Resultierende aller Orientierungskomponentenfehler ist. Der Vorgang beim Orientieren muß nun derart eingerichtet werden, daß man, von einer Näherungsorientierung ausgehend, diese fortschreitend verschärft, bis Lage und Höhe der Paßpunkte im Instrument mit den gegebenen Werten vollkommen übereinstimmen, wobei gleichzeitig das Raummodell parallaxenfrei sein muß.

Beim Horizontieren des Raummodelles wird die Arbeit erleichtert durch eine zweckmäßige Verteilung der Paßpunkte über das Modell. Dies gilt besonders dann, wenn je zwei der Paßpunkte auf der Haupthorizontalen und 2 auf der Hauptvertikalen liegen.

Art der Arbeit	Anzahl der Arbeitspartien	Arbeitsmenge (Punktzahl)	Zeit (10-Std.-Tag)	Auf 1 Arb.-Tag u. 1 Arb.-partie entfallen Punkte	Auf 1 Blatt (25 km²) entfallen Punkte
Rekonstruktion des geodätischen Punktnetzes	3	25	8	1	3 — 4
Verdichtung des photogrammetrischen Hauptnetzes	3	120	40	1	12 — 15
Identifizierung und Einmessen der Paßpunkte	3	386	42	3	40 — 50
Beendigung der Rechenarbeiten	3	200	17	4	—

Anmerkung: Die Gesamtkosten dieser Arbeit beliefen sich auf rund 300 000 Lei (gleich etwa 7 500.— RM.), wobei die Offiziersgehälter nicht mit eingerechnet sind.

Ueber die am Hugershoffschen Autokartographen und Entzerrungsgerät im ersten Jahre effektiver photogrammetrischer Betätigung ausgeführten Arbeiten gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß.

Art der Arbeit	Arbeitsmenge		Aufgewend. Zeit (6-Std.-Tag)	Auf 1 Arbeitstag entfallen		Auf 1 Platte entfallen Ha.	Anmerkung
	Platten	Ha.		Platten	Ha.		
Auswertung des 1. Bildfluges	128	5200	95	1,3	55	40	einschl. Reinzeichnung
Auswertung des 2. Bildfluges	115	7500	60	2	125	62,5	
Entzerrung der Fliegerbilder	12	4800	12	1	400	400	—

Wenn auch die in obiger Tabelle zusammengestellten Arbeitsergebnisse nicht als Spitzenleistungen anzusehen sind, so darf dabei nicht außer acht gelassen werden, daß es in dem ersten Jahre weniger darauf ankam, produktiv zu arbeiten, sondern einzig und allein auf gründliche und gewissenhafte Ausbildung des Auswertepersonals Gewicht gelegt wurde.

Während in den ersten zwei Monaten einzelne Plattenpaare oft 2—3 Tage im Autokartographen eingespannt gehalten werden mußten, war mit fortschreitender Uebung in den Monaten Januar und Februar 1931 es schon möglich, täglich 1—2 Plattenpaare zu orientieren und restlos auszuwerten.

Was die Genauigkeit der Auswertearbeiten betrifft, muß bemerkt werden, daß diese jede Erwartung übertraf. Einzelne im Terrain gemessene Kontrollstrecken stimmten durchweg mit den am Autokartographen bestimmten Distanzen in den Grenzen der Zeichengenauigkeit überein. Auch konnte beim Zusammenstoß der Bildpaare vollkommenes Zusammenlaufen der Geripplinien und der Höhenschichten bei nur halbwegs ausgesprochenem Gefälle beobachtet werden, welche Tatsache selbst die größten Skeptiker von der Leistungsfähigkeit der Luftphotogrammetrie überzeugte.

Zur Ausfüllung „weißer Flecke" bei photogrammetrischen Aufnahmen durch Meßtischtachymetrie

Von Karl Lüdemann.

1. Im höher entwickelten Messungswesen und insbesondere in Deutschland waren bis vor etwa 20 Jahren Meßtisch und Kippregel jahrzehntelang auf topographische Aufnahmen im Maßstab 1 : 25 000 oder höchstens 1 : 10 000 beschränkt. Erst das Vordringen wirtschaftlich arbeitender Methoden der Bildmessung (Photogrammetrie) brachte die Meßtischaufnahme wieder zu größerer Bedeutung und Verwendung.

Bei den photogrammetrischen Aufnahmeverfahren finden sich in dem Endergebnis (Karte oder Plan) der Auswertung oft gewisse mit Zeichnung nicht bedeckte Teile, die sog. weißen Flecke. „Sie entstehen gewollt dort, wo der zu ihrer Ausfüllung erforderliche Aufwand an Standpunkten oder Platten unwirtschaftlich ist, ungewollt dort, wo sich das Gelände infolge dichter Bewachsung durch Busch oder Wald oder aus anderen örtlichen Gründen der richtigen Abbildung auf der Platte entzieht" [1 S. 75].

Der verhältnismäßige Anteil der weißen Flecke an der Gesamtfläche ist verschieden: er kann aber ziemlich bedeutend sein. Jedenfalls muß im Regelfall dafür gesorgt werden, daß die Darstellung des Planes oder der Karte geschlossen wird, daß diese Fehlstellen also ausgefüllt werden. Hierfür stehen in zugänglichem Gelände die zeichnerische und die zahlenmäßige Tachymetrie, in unzugänglichem Entfernungsmesser mit Grundlinie

am oder im Instrument zur Verfügung. Soweit ich sehen kann, wird jedoch, sobald das Gelände in befriedigender Weise zugänglich ist, die Aufnahme mit Meßtisch und Kippregel und zwar deshalb bevorzugt, weil sie den Anschluß der Messungen an das Ergebnis der Bildauswertung angesichts des Geländes in einfacher, bequemer und sicherer Weise ermöglicht.

2. Bei den Aufnahmen für technische Pläne in großen und mittleren Maßstäben, also etwa zwischen 1 : 1000 und 1 : 5000, benutzt man in der Regel feste Standpunkte (terrestrische Photogrammetrie), bei denjenigen für topographische Karten in mittleren und kleinen Maßstäben, also etwa zwischen 1 : 5000 und 1 : 100 000, dagegen fast ausschließlich Standpunkte in der Luft (Aerophotogrammetrie)[1]. Ausgewertet wird bei allen größeren Arbeiten fast nur noch mit selbsttätigen Auswertemaschinen, die eine weitgehende Ausschaltung persönlicher Fehler mit ausreichender mechanisch-optischer Genauigkeit verbinden. Diese Auswertungen gestatten die Wiedergabe der Höhenverhältnisse des Geländes „mit einer Formentreue, wie sie mit dem bei der üblichen terrestrischen Topographie gebräuchlichen Interpolationsverfahren praktisch niemals zu erreichen ist" [2 S. 7]. Die so „automatisch erhaltenen" Schichtlinien bieten einen „bis dahin ungewohnten Reichtum an Feinheiten, der allerdings für kleinmaßstäbliche Karten eine nachträgliche Glättung erforderlich macht" [2 S. 67 Anm. 2]. Bekannt ist, daß die verschiedenen Auswertegeräte mehr oder minder Einzelheiten (Detailformen) liefern [z. B. 3 S. 93—94] und daß diese „Feinheiten" in beträchtlichem Maß von der Gewandtheit des Auswerters sowie von mancherlei Eigenschaften der Bilder, auch von physikalischen Faktoren [z. B. 4 S. 174—175] abhängen. Es mag also die Tatsächlichkeit mancher dieser „Einzelheiten" und „Feinheiten" dahingestellt bleiben; fest steht, daß sie für den Gebrauch der Karten und Pläne zu technischen Planungen, auch für allgemeine und oft sogar für besondere Vorarbeiten, vielfach ohne wesentliche Bedeutung sind. Entscheidend ist und bleibt die allgemeine Genauigkeit der Schichtlinienführung und der Lagedarstellung; sie ist auch maßgebend für die Ansprüche, die an die Ausfüllung der weißen Flecke gestellt werden müssen, damit die innere Einheitlichkeit des Kartenwerkes gewahrt bleibt.

3. Man pflegt die „Lagegenauigkeit" bei topographischen Karten oft durch den Wert ± 0.2 mm zu bezeichnen, jedoch muß die Allgemeingültigkeit dieses Fehlermaßes bezweifelt werden. Es empfiehlt sich daher, schärfere Angaben zu machen und dabei auf die topographische Grundkarte 1 : 5000 besondere Rücksicht zu nehmen, da bei ihrer Aufnahme Meßtisch und Bildmessung mitwirken.

M. Graeser [5] hat im Jahre 1925 eine eingehende Prüfung der Genauigkeit einer Originalaufnahme der topographischen Grundkarte 1 : 5000 bei Elbingerode durchgeführt. Für die Lagedarstellung der Blätter standen die im Jahre 1903 angefertigte Katasterkarte der Stadt Elbingerode und Forstkarten 1 : 5000 zur Verfügung. Die Aufnahme mit dem Meßtisch stützte sich auf Dreiecks- und Zugpunkte. Die Prüfmessung ergab die in untenstehender Tabelle angegebenen mittleren Koordinaten- und Lagefehler.

Einem mittleren Lagefehler m_1 von ± 2 m entspricht im Maßstabe 1 : 5000 ein Betrag ± 0.4 mm.

Für die zu einem wesentlichen Teil luftphotogrammetrisch bearbeitete Aufnahme der unteren Oder führte Dahl [6] 1928 eine Prüfungsmessung aus, die „ein Urteil einerseits

	Koordinatenfehler		Lagefehler
	m_x m	m_y m	m_1 m
Eingemessene, sicher feststellbare Punkte			
a) Offenes Gelände	± 1,7	± 1.2	± 2,1
b) Wald	1.4	1,9	2,4
Grundrißpunkte			
a) Offenes Gelände	1,5	1,1	1,9
b) Wald	1,3	1,6	2.1
		Mittel	2,1

[1] Über holländische Versuche zur aerophotogrammetrischen Anfertigung von Katasterkarten hat nach Abschluß dieser Mitteilung W. Schermerhorn [17] berichtet.

über die Vorarbeiten der Photogrammeter und andererseits über die Arbeiten der Topographen", und zwar im offenen und bewaldeten Gelände ermöglichen sollte. Auch hier wurde durch trigonometrische und polygonometrische Punktbestimmung und durch Einwägungen eine ausreichend sichere Vergleichsgrundlage geschaffen.

Tafel 1.

Nr.	Objektivöffnung mm	Vergrößerung	AP mm	Nr.	Objektivöffnung mm	Vergrößerung	AP mm
1	25	19	1,3	12	25	27	0,9
2	23	20	1,2	13	31	27	1.1
3	27	20	1,4	14	36	27	1,3
4	35	20	1,8	15	30	30	1,0
5	40	24	1,7	16	30	30	1,0
6	27	25	1,1	17	35	30	1,2
7	30	25	1,2	18	40	30	1,3
8	30	25	1,2	19	40	31	1,3
9	30	25	1,2	20	40	35	1,1
10	30	25	1,2	21	40	35	1.1
11	31	25	1,2	Mittel	32,1	26,4	1,2

Es wurde gefunden:

mittl. Lagefehler m_1

im offenen Gelände ± 1,26 m
im Waldgelände ± 1,54 m.

Man darf allgemein $m_1 = \pm 1{,}5$ m setzen, was im Maßstabe 1 : 5000 ± 0.3 mm entspricht.

Eine wertvolle Prüfung der Genauigkeit der aus Luftlichtbildern hergestellten topographischen Grundkarte 1 : 5000 der Nordsee-Insel Amrum nahm 1927 Fr. Seidel [7] vor. Er legte seine Vergleichsmessung, die sich auf nach Lage und Höhe genügend genaue Festpunkte stützt, so an, daß Ackerland und Dünengelände erfaßt wurden und die Ausmeßergebnisse eines Autokartographen (Hugershoff-Heyde) und eines Stereoplanigraphen (Bauersfeld-Zeiss) auf ihre Genauigkeit geprüft werden konnten. Der mittlere Lagefehler m_1 ergab sich bei mit Sicherheit festgestellten Punkten im offenen Gelände bis 3° Neigung beim

	Autokartograph	Stereoplanigraph
zu	± 0,88 m	± 0,56 m
im Mittel also zu	± 0,75 m,	
während der mittlere Höhenfehler	± 0.15 m	± 0,16 m

betrug.

Für die Höhenliniendarstellung im Dünengelände ergibt sich die Genauigkeit, wenn α die Geländeneigung ist, für beide Auswertegeräte aus

$$\pm\ (0{,}35 + 0{,}28 \tan \alpha)$$

R. Hugershoff [2 S. 214] sagt hierzu: „Mit dem hier erreichten, in Zukunft wohl kaum noch zu verringernden mittleren Fehler der kontinuierlichen Schichtenzeichnung sind die Grenzen angegeben, die dem exakten luftphotogrammetrischen Verfahren gesetzt sind."

Einem mittleren Lagefehler m_1 von ± 0,75 m entspricht im Maßstabe 1 : 5000 ein Betrag ± 0,15 mm.

Aus den drei genannten Untersuchungen ergibt sich für die topographische Grundkarte im allgemeinen und zwar stets bezogen auf die Originalaufnahme für den mittleren Lagefehler ein Mittelwert von ± 1,5 m oder für den Maßstab 1 : 5000 ± 0,3 mm. Für die Arbeit mit Meßtisch und Kippregel folgt daraus, daß die mittelbare Entfernungsmessung mit Reichenbachschen Entfernungsmeßfäden mit einem mittleren Fehler von höchstens ± 1 m, auf 100 m also mit ± 1 Prozent ausgeführt werden muß, eine Forderung, die zwangslos befriedigt werden kann. Die erforderliche Genauigkeit der Bestimmung der horizontalen Richtung und des Höhen- oder Tiefenwinkels ist ohne weiteres gesichert.

[2] Beiläufig sei hier auf eine interessante Arbeit von H. Sturzenegger [8] hingewiesen.

4. Im Rahmen einer Untersuchung über die Ansprüche, die an eine für die vorliegende Aufgabe geeignete Kippregel gestellt werden müssen, ist es interessant, für die Fernrohre der in Deutschland gebräuchlichen Formen dieses Instrumentes die Oeffnung des Objektives, die Vergrößerung und den Durchmesser der Austrittspupille zusammenzustellen. Das ist in Tafel 1 geschehen.

Die Topographische Abteilung des Reichsamtes für Landesaufnahme gibt für die von ihr verwendeten Kippregelformen folgende Vergrößerungen an [9 S. 11]:

21 20 26 32
im Mittel 25

Für die Fernrohre von Tachymetertheodoliten nennt die gleiche Abteilung [9 S. 16—21]:

25 19 18 11 16 (25)
im Mittel 19

Die Topographische Abteilung des Württ. Statistischen Landesamtes [10 S. 72—73] verwendet bei den von ihr benutzten Tachymetertheodoliten folgende Fernrohrvergrößerungen:

22 18 20 24 20
im Mittel 21

5. Die von mir früher [1; 11] beschriebene Kippregel Bauart Schweizer Landestopographie der Hildebrand-Werkstätten, die bei ihrer Konstruktion ein Ausdruck der gesamten Erfahrungen der durch ihre topographischen Leistungen bekannten Topographischen Abteilung der Schweizer Landestopographie in Bern war, hat ein Fernrohr mit einem Objektiv von 25 mm freier Oeffnung, dem Oeffnungsverhältnis 1 : 10 und 27facher Vergrößerung. Sie zeichnet sich durch ihre Leistungsfähigkeit, Genauigkeit [12a] und durch ihr geringes Gewicht (2,2 kg) [12b S. 114—115] aus.

Im Nachstehenden soll kurz über zwei weitere Kippregelkonstruktionen der Hildebrand-Werkstätten berichtet werden.

Das Einheitsmeßtischgerät, das aus der Kippregel, dem Meßtischblatt und dem Meßtischkopf mit Stativ besteht, soll für alle in Frage kommenden Arbeiten in der Ebene und im Gebirge ausreichen.

Tafel 2.
Scheinbare Größe in mm des dm an der Latte.

Entfernung mm	Fernrohrvergrößerung 31fach mm	25fach mm
100	7,8	6,2
200	3,9	3,1
300	2,6	2,1
400	1,9	1,6
500	1,6	1,2
600	1,3	1,0
700	1,1	0,9
800	1,0	0,8
900	0,9	0,7
1000	0,8	

Das 22 cm lange abgeschlossene Fernrohr mit innerer Schaltlinse der in Abb. 1 dargestellten Einheitskippregel hat ein Objektiv von 40 mm freier Oeffnung und eine 31fache Vergrößerung. Man kann mit ihm, wie Tafel 2 zeigt, an der dm-Latte auf 800 bis 1000 m noch den dm ablesen, den cm schätzen. Austrittspupille 1,5 mm; relative Helligkeit 1,7; wahres Gesichtsfeld 1°,4 oder rund 7 m auf 300 m. Quasianallaktisch. Nivellierlibelle von $\sim$25″ Angabe.

Der völlig eingekapselte Höhenkreis von 75 mm Teilungsdurchmesser ist in $^1/_6$° oder $^1/_{10}$° der 360° — bzw. in $^1/_{10}$^{g} der 400^g-Teilung geteilt; er liefert in einem Strichmikroskop

(Gesichtsfeld 4°,5), das an der Kippung des Fernrohrs teilnimmt, also sehr bequem abgelesen werden kann, unmittelbar Höhen- und Tiefenwinkel. Alhidadenlibelle von 60″ Angabe.

Das Lineal von 46 cm Länge mit Parallellineal und 15 cm langem Verlängerungsstück trägt neben einer Dosenlibelle und einem auswechselbaren Transversalmaßstab die säulenförmige Fernrohrstütze mit breitem kippbaren Fuß und Röhrenquerlibelle von 60″ Angabe.

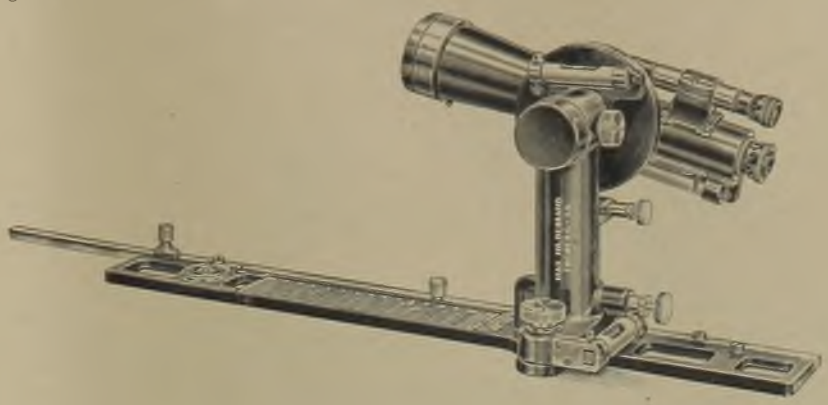


Abb. 1. Einheitskippregel.

Die notwendige Leistungsfähigkeit des Fernrohres ist gesichert. Mit der Genauigkeit der Ablesung in einem Strichmikroskop habe ich mich früher [13; 14; 15] eingehend beschäftigt. Für eine Kreisteilung von 8 cm Durchmesser fand ich bei Zwanzigstelschätzung

Kreisteilung		360°		400^g
Teilungseinheit		1/6°	1/10°	1/10^g
Scheinbare Größe J des Intervalls p		5,8 mm	3,5 mm	3,2 mm
Mittl. unregelmäßiger Ablesefehler m_α	p/100	± 2,1	1,8	1,9
	Bogenmaß	±12″,8	6″,3	19″,9

In brauchbarer Annäherung kann man setzen

$$m_{\alpha_{20}} = \pm 2\, p/_{100}$$

Bei der beschriebenen Kippregel erscheint die Teilungseinheit $^1/_6$° rd. 5 mm groß. Schätzt man nur Zehntel, so wird man erwarten dürfen:

$$m_{\alpha_{10}} = \pm 3{,}5\, p/_{100} = \pm 22''$$

Setzt man den Zielfehler zu 5″ bis 10″ an, so sieht man, daß die mit dem Strichmikroskop erzielbare Genauigkeit der Messung von Höhen- und Tiefenwinkeln für alle praktischen Zwecke ausreicht.

Der niedrig gehaltene leichte und doch sehr kräftige Meßtischkopf (Abb. 2), der das in der Regel 60×60 cm große Meßtischblatt trägt, hat eine ohne Federgehäuse konstruierte sicher arbeitende Feinbewegung mit Schneckentrieb. Das Stativ wird für Arbeiten in der Ebene zweckmäßig mit festen, für Aufnahmen im Gebirge mit einschiebbaren Beinen gewählt.

Kippregel, Meßtischkopf und das sehr umfangreiche Zubehör finden ihren Platz in einem Holzkasten mit den Außenmaßen 49×24×16 cm, der jeden einzelnen Teil griffbereit darbietet. Es wiegen: die Kippregel 3 kg; der Meßtischkopf 2,2 kg; der Kasten 3,9 kg; das Meßtischbrett 2,9 kg; das Stativ mit festen Beinen 3,5 kg, mit einschiebbaren Beinen 3,8 kg.

6. Der 1891 verstorbene hervorragende französische Militärgeodät C. M. Goulier hat eine kleine Kippregel (Alidade holometrique a lunette droite) angegeben, die, wie L. Bertrand [16 S. 469—470] berichtet, von Brosset frères konstruiert, d. h. ausgeführt.

aber erst nach dem Tode von C. M. Goulier fertiggestellt wurde. Sie enthält manche auch sonst von Goulier verwendeten Konstruktionsgedanken; das gilt auch von der Strichplatte, die folgende Teilungen zeigt: eine vertikal angeordnete 1^g umfassende Teilung mit der Einheit 2`; horizontale und vertikale Distanzstriche für die Multiplikationskonstanten 100 und 200; eine Entfernungsmeßteilung für eine Basislänge von 1 m von 60 bis 500 m bzw. bis ∞.

In der Nachkriegszeit haben die Hildebrand-Werkstätten auf diese alte Konstruktion zurückgegriffen, sie verbessert und ihr die in Abb. 3 dargestellte Form einer Kleinkippregel gegeben.

Das 19 cm lange abgeschlossene Fernrohr hat ein Objektiv von 30 mm Oeffnung und eine 25fache Vergrößerung. Austrittspupille 1,2 mm; relative Helligkeit 1,4; wahres Gesichtsfeld 2°,0 oder 10,5 m auf 300 m. Quasianallaktisch. Nivellierwendelibelle von $\sim$ 25″ Angabe. Wegen der Leistung des Fernrohres siehe Tafel 2. — Die Strichplatte zeigt neben horizontalen Entfernungsmeßstrichen für die Multiplikationskonstante 100 oder 200 in der Regel eine vertikal angeordnete Teilung über 1° oder 1^g mit der Einheit 2′ oder 2`; daneben werden auf Verlangen noch eine horizontale Entfernungsmeßteilung für eine Basis von 1,25 m sowie eine vertikale für eine Basis von 2,5 m Länge angeordnet.

Der völlig eingekapselte Höhenkreis von 80 mm Teilungsdurchmesser trägt als Stiteilung eine Gradteilung für Höhen- und Tiefenwinkel bis zu 40° mit der Teilungseinheit 1° (1^g) oder ½° (½^g) und eine dazugehörige Zeigerstrichgruppe. Daneben ist öfter eine sog. sin-Teilung aufgetragen; sie gibt die natürlichen sin-Werte für den gleichen Meßbereich. Abgelesen wird mit einer neben dem Fernrohrokular angeordneten etwa 8mal vergrößernden Lupe und zwar derart, daß der mittlere Zeigerstrich auf den nächsten vollen oder halben Gradstrich eingestellt wird. Die Minuten und Bruchteile davon liefert dann die Teilung der Strichplatte im Fernrohr. Da über der Höhenkreisalhidadenlibelle ein kippbarer Spiegel angeordnet ist, braucht der Beobachter seinen Platz am Okular des Fernrohres während der Messung nicht zu verlassen.

Die Kippregel baut sich auf einer mit einer eingelassenen Dosenlibelle versehenen Grundplatte auf mit 3 Aufsetzpunkten, von denen der eine mit einer Schraube in der

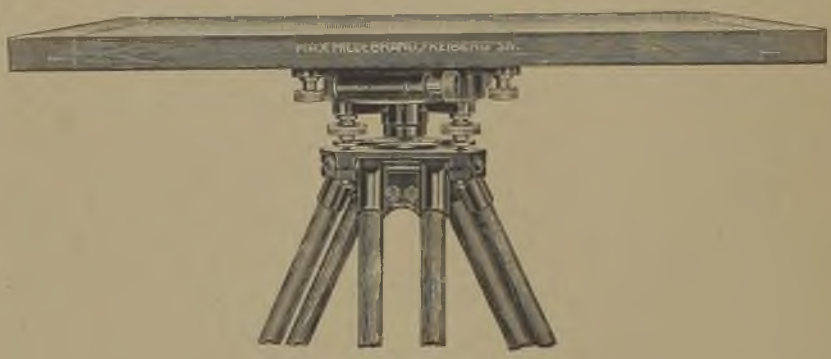


Abb. 2. Einheitsmeßtisch.

Höhe verstellbar ist, eine Einrichtung, die die Feldarbeit auf nicht genau horizontalem Meßtisch erleichtert. Zu ihr gehören ein 55 cm und ein 21 cm langes, biegsames, dünnes Lineal, mit denen der Aufbau in einfacher, bequemer und doch sicherer Weise so verbunden werden kann, daß die Ziellinie des Fernrohres und die Ziehkante des Lineals mit Hilfe einer Schraube und einer Teilung gegenüber einem Zeigerstrich in ausreichend bemessenen Grenzen gegeneinander verschoben werden können. Ein Mangel in der Orientierung des Meßtisches kann also ausgeschaltet werden.

Die nur 2,7 kg wiegende Kleinkippregel findet mit dem kurzen Lineal gebrauchsfertig ihren Platz in einem außen 16×24,5×24,5 cm messenden, 2,5 kg schweren Kästchen, sodaß sie auch bei schwierigen Geländeverhältnissen sehr bequem mitgeführt werden kann. Ihre Leistungsfähigkeit und damit ihre Eignung ist gesichert.

Angezogene Schriften.

1. K. Lüdemann: Die zur Ausfüllung „weißer Flecke" gut geeignete Kippregel Bauart Schweizer Landestopographie. Bildmessung und Luftbildwesen 1 (1926) S. 75—77.
2. R. Hugershoff: Photogrammetrie und Luftbildwesen. Wien 1930.
3. A. Kruttschnitt: Landesreferat über die in Ungarn hergestellten photogrammetrischen Karten. Internat. Archiv f. Photogrammetrie 7. Erst. Halbband (1930) S. 81—101.

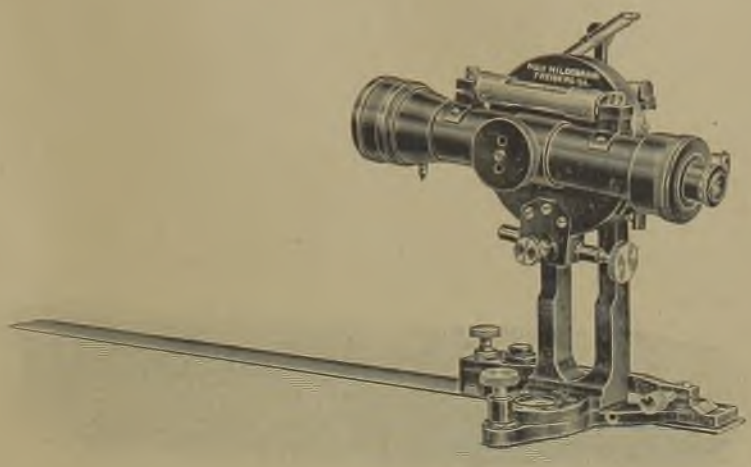


Abb. 3. Kleinkippregel mit langem Lineal.

4. St. Károssy und St. Rédey: Kurze Zusammenfassung derjenigen physikalischen Faktoren, welche die Verläßlichkeit der aus stereoskopischen Bildpaaren hergestellten Karten ungünstig beeinflussen. Internat. Archiv f. Photogrammetrie 7. Erst. Halbband (1930) S. 168—176.
5. M Graeser: Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1 : 5000. Berlin 1926.
6. Dahl: Vergleichsmessung an der unteren Oder, ausgeführt im März 1928 zur Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1 : 5000. Berlin 1929.
7. Fr. Seidel: Ueber die Prüfung der Genauigkeit der aus Luftlichtbildern hergestellten topographischen Grundkarte 1 : 5000 von Amrum und ihre Wirtschaftlichkeit. Berlin 1928.
8. H. Sturzenegger: Prüfung und Prüfungsergebnisse der nach dem photogrammetrischen Verfahren erstellten Uebersichtspläne. Schweiz. Zeitschr. f. Vermw. 29 (1931) S. 200—208.
9. Vorschrift für die Topographische Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme. Heft I. Das topographische Aufnehmen. 4. Aufl. Berlin 1923.
10. Technische Anweisung für die Topographische Landesaufnahme von Württemberg in 1 : 2500 usw. Stuttgart 1922.
11. K. Lüdemann: El relleno de lagunas en planes estereofotogramétricos. El Auxiliar de la Ingenieria y Arquitectura 7 (1927) S. 49.

12a. K. Kobelt: Genauigkeitsuntersuchung der graphischen Triangulation. Zürich 1917

12b. K. Konetschny: Kompendium der Topographie (Spezialkartenaufnahme). Brünn o. J. (1931).

13. K. Lüdemann: Die kleinsten mit Strichmikroskopen ausgestatteten Hildebrand-Theodolite. Mitt. a. d. Markscheidew. 1921 Heft 2 S. 19—33.
14. K. Lüdemann: Versuche zur Feststellung der Größe und des Verlaufes des regelmäßigen Teiles des Schätzungsfehlers bei Strichmikroskopen. Allg. Verm.-Nachr. 34 (1922) S. 551—560.

15. K. Lüdemann: Der unregelmäßige Schätzungsfehler bei Strichmikroskopen. Zeitschr. f. Instrtkde. 43 (1923) S. 25.
16. C. M. Goulier: Etudes théoriques et pratiques sur les levers topométriques et en particulier sur la tachéométrie. Paris 1892. (Herausgegeben von L. Bertrand.)
17. W. Schermerhorn: Versuche zur Anfertigung von Katasterkarten im Maßstab 1 : 1000 mit aerophotographischen Instrumenten der Firma Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H., Jena. Bildmessung und Luftbildwesen 7 (1932) S. 61—75.

Beabsichtigte Anwendung der Photogrammetrie bei einem Aequatorfluge

Wie kürzlich auch in der Neuen Züricher Zeitung berichtet wurde, beabsichtigt der Afrika-Reisende Paul Graetz, der 1907/09 im Kraftwagen und 1911/12 im Motorboot Afrika durchquerte, eine internationale Erforschung und geographische Erschließung der Aequatorzone mittels Flugzeugs zu organisieren.

Die Frage, wie hierbei die Photogrammetrie zu verwenden wäre, ist von den Herren Geh.-Rat Seb. Finsterwalder, Prof. Dr. Baeschlin und Dr. Zeller geprüft und in einer Denkschrift erörtert worden, über deren Inhalt folgendes zu berichten wäre:

Soll der Aequatorflug dazu dienen, die noch mangelhaften wissenschaftlichen Kenntnisse über die äquatoriale Zone zu erweitern, so drängt sich die Anwendung des Meßbild-Verfahrens auf, das topographische Einzelheiten objektiv richtig zur Darstellung bringt und (wie die Luftbildaufnahmen in der Arktis gezeigt haben, vgl. B. u. L. 1931 S. 145—154 und S. 191) die Zusammenfassung der Beobachtungen zur Erkenntnis größerer geographischer Zusammenhänge ermöglicht.

Die Frage, in welchem Umfange und in welcher Auswahl die photogrammetrischen Methoden beim Aequatorflug in Anwendung kommen sollen, erfordert in Anbetracht der außergewöhnlichen Ausmaße dieses Unternehmens ein sorgfältiges Studium aller Möglichkeiten und ein gewissenhaftes Abwägen der erreichbaren Ergebnisse gegenüber dem hierfür notwendigen Aufwand an Arbeit und Geldmitteln. Mit Rücksicht auf den als obersten Grundsatz zu fordernden Einklang von Ergebnis und Aufwand verbieten sich alle gewagten Versuche. Das Ueberfliegen einer äquatorialen Zone rund um den ganzen Erdball bietet sehr viele — auch nicht vorauszusehende — Schwierigkeiten; es darf deshalb das photogrammetrische Programm die Durchführung des Fluges an und für sich nicht mit Forderungen belasten, welche für unvorhergesehene Zwischenfälle keinen Raum mehr lassen. Eine ähnliche grundsätzliche Erwägung gilt für die Photogrammetrie selbst. Ihre Anwendung auf so große unbekannte Räume, wie sie beim Aequatorflug in Frage kommen, ist bisher nur sehr unzureichend durch praktische Erfahrung gesichert, sodaß auch hier bei der Festsetzung des zu erreichenden Ergebnisses gewisse Vorbehalte unerläßlich sind, wenn dieses nicht durch unvorhergesehene Schwierigkeiten in Frage gestellt werden soll.

Nun zum eigentlichen Programm des Aequatorfluges: Es ist vorgesehen, den Aequatorialstreifen mit fünf parallel in einem geeigneten Abstand fliegenden Flugzeugen in Etappen von je etwa 500 km Abstand zu überfliegen. Wenn die hierbei zu gewinnenden geographisch-topographischen Ergebnisse einigen Wert besitzen sollen, muß der aufgenommene Geländestreifen möglichst breit sein, da sich sonst die Grundstruktur des Landes nicht erkennen läßt. Es muß deshalb so hoch als möglich geflogen werden. Die Grenze für die einzuhaltende Flughöhe wird wohl mit 5500 m über dem Meere anzusetzen sein. Größere Flughöhen dürften wegen der großen Luftverdünnung einerseits komplizierte und wenig betriebssichere Motoren mit sehr hoher Kompression verlangen, andererseits die Verwendung von Sauerstoffgeräten für die Teilnehmer erfordern; beides Faktoren, die im Sinne der eingangs ausgesprochenen Vorbehalte im Interesse der Sicherheit der Unternehmung auszuschalten sind.

In diesen flugtechnisch gegebenen Rahmen hat sich nun das photogrammetrische Programm einzufügen. Angesichts der großen Ausmaße des vorliegenden Erkundungs-Unternehmens liegt es am nächsten, eine Eingliederung der Arbeiten in das Vermessungswerk der Weltkarte 1 : 1 000 000 ins Auge zu fassen. Dagegen sind jedoch einige schwerwiegende Einwände zu erheben. Der wichtigste ist wohl der, daß eine in allen Teilen die Ansprüche dieses Kartenwerkes befriedigende Höhengenauigkeit mit den heutigen Mitteln der Photogrammetrie nicht mit Sicherheit erreicht werden kann, wenn nur alle 500 km (Distanz Zürich—Marseille) die Gewinnung absoluter Höhen auf dem festen

Boden mittels Siedethermometer möglich ist. Eine solche Aufgabe streift überhaupt die Grenze des allgemein mit photogrammetrischen Mitteln Erreichbaren, jedenfalls aus den großen Flughöhen, welche aus anderen Gründen wohl nicht aufgegeben werden können. Die Durchführung der photogrammetrischen Höhenübertragung über weite Strecken ist jedenfalls heute eine Aufgabe, um deren Lösung noch gerungen wird. Unter den besonders schwierigen Umständen des Aequatorfluges ist mit einem sicheren Erfolg in dieser Hinsicht jedenfalls nicht zu rechnen. Eine wesentliche Verminderung der gegenseitigen Entfernung der Bodenpunkte würde die Etappenorganisation unverhältnismäßig erschweren und verteuern.

Ein weiterer Umstand, der gegen die direkte Bearbeitung der 1 : 1 000 000 - Karte beim Aequatorflug spricht, ist darin zu erblicken, daß von allen von diesem Flug berührten Blättern nur ein schmaler Streifen — etwa ein Drittel des Blattes — bearbeitet werden könnte, sodaß also kein Blatt vollständig ausgabereif gemacht werden könnte. Des weiteren bestehen auch noch keine Erfahrungen darüber, wie weit die für dieses Kartenwerk unerläßlichen Einzelheiten — namentlich die Verkehrswege — aus den Bildern entnommen werden können. Große Schwierigkeiten dürften hierin besonders in mit Urwald bestandenen Gegenden erwachsen.

Auf Grund der angeführten Erwägungen ist also die geographisch-topographische Ausbeute des Aequatorfluges nicht in der Weltkarte 1 : 1 000 000 zu suchen, sie läßt sich jedoch mit Sicherheit verwirklichen als „geographisch-orographischer Bilderatlas". Es erscheint dies als die zweckmäßigste Lösung, welche auf folgendem Wege ausgeführt werden soll:

Jedes der fünf Flugzeuge wird ausgerüstet mit einer kombinierten Weitwinkelkammer — Panoramenkammer der Photogrammetrie G. m. b. H. München —, mit welcher fortlaufend sich etwa drei viertel überdeckende Senkrechtaufnahmen gemacht werden. Diese Weitwinkelbilder zeigen das Gelände in einem mittleren Maßstab von 1 : 80 000 und ergeben bei stereoskopischer Betrachtung ein sehr inhaltsreiches, plastisch überhöhtes Geländemodell von etwa 300 qkm Ausdehnung. Fünf solcher plastischer Bildbänder nebeneinander bedecken unter Berücksichtigung einer entsprechenden Ueberlappung einen Streifen von etwa 100 km Breite ungefähr längs des Aequators, welcher nach Norden und Süden wirksam ergänzt wird durch sich ebenfalls überlappende Bildstreifen bis zum Horizont. Diese Horizontbilder werden von den beiden Flügelmaschinen des Geschwaders mit einer zwei- oder dreifach gekoppelten photogrammetrischen Kammer größerer Brennweite aufgenommen. Aus diesem Aufnahmematerial, welches schon ohne weitere Bearbeitung einen vorzüglichen Einblick in den Aufbau und die Gliederung der Aequatorzone ergibt, läßt sich erforderlichenfalls die Lage beliebiger Geländepunkte durch Horizontaltriangulation aus den Aufnahmen und Anbinden an die auf den Etappenstationen zu erstellenden trigonometrischen Netze und Ortsbestimmungen ermitteln. Grundsätzliche Schwierigkeiten wie bei der Bestimmung der absoluten Höhen bestehen für diese Lagetriangulation nicht. Dieses Aufnahmematerial wird weiterhin eine äußerst wertvolle Grundlage für weitere Untersuchungen abgeben, welche sich nach der Durchführung des Fluges darauf zu erstrecken haben werden, welche Verbesserungen durch künftige Arbeiten in diesen Gegenden in Betracht zu ziehen sind.

Die in den photogrammetrischen Methoden liegenden Möglichkeiten wären jedoch schlecht ausgenützt, wollte man sich auf das soeben skizzierte Programm bei der Durchführung des Aequatorfluges beschränken. Es wird wohl Interesse dafür bestehen, einige geschlossene Teilgebiete, welche in der Nähe der eigentlichen Aequatorflugroute liegen oder sie teilweise überschneiden, mit allen Feinheiten einer modernen photogrammetrischen Kolonialvermessung aufzunehmen. Die Aufnahme eines solchen Gebietes könnte dann in das Programm mit einbezogen werden, ohne daß die eigentliche Aequatorroute dadurch organisatorisch belastet wird, sozusagen als wissenschaftlicher Abstecher von geeigneten Etappenplätzen aus. Bei der Beschränkung der vermessungstechnischen Arbeit in höherem Sinne auf diese Kartenaufnahme kleineren Umfanges aber von erhöhtem wissenschaftlichen Interesse wäre der eingangs zur Grundbedingung gemachte Einklang zwischen Ergebnis und Aufwand erzielt, um so mehr, als man bei der Auswahl dieser Aufgaben Vorsorge treffen könnte, daß nicht ungünstige Häufung von Schwierigkeiten eintritt, wie sie beispielsweise durch das Zusammenfallen von klimatologisch und hygienisch ungünstigen Bedingungen mit sehr schlechter Zugänglichkeit und Sicht (Urwald) gekennzeichnet ist.

Zusammenfassend schält sich also aus den mit Sorgfalt angestellten vorbereitenden Untersuchungen über die Anwendung photogrammetrischer Methoden beim Aequator-

flug folgendes Programm heraus: Dem Charakter des Aequatorfluges als eines mit modernsten Mitteln durchgeführten Erkundungsvorstoßes in unbekannte Teile der Erde entspricht am besten eine photogrammetrische Erkundungsaufnahme, welcher nicht durch Vorbelastung mit einem zu hoch gespannten vermessungstechnischen Programm die für solche ausgesprochenen Pionier-Unternehmungen nötige Beweglichkeit genommen werden darf. Diese photogrammetrische Erkundung besteht in der Aufnahme eines „geographisch-orographischen Bilderatlasses" mit den bestgeeigneten photogrammetrischen Kammern. Eine Lagetriangulation des gesamten Aequatorstreifens mit Anbindung an die auf den Etappenstationen vorzunehmenden trigonometrischen Messungen wird vorgesehen. Die Aufnahme wird so angelegt, daß bei Vorliegen geeigneter Grundlagen auch die Ausarbeitung von Höhenschichtenkarten möglich ist. Auf diese Weise wird der Aequatorflug als solcher von zu weitgehenden vermessungstechnischen Ansprüchen entlastet und seine möglichst glatte Durchführung ohne unnötige Schwierigkeiten gesichert.

Des weiteren wird ins Auge gefaßt, an gewissen, in der Nähe der Hauptroute liegenden Stellen mit den außerordentlich günstigen Möglichkeiten, welche die Organisation des Aequatorfluges bietet, in sich geschlossene koloniale Vermessungsaufgaben kleineren Umfanges mit allen modernen Hilfsmitteln zu lösen. Diese Aufgaben werden von günstig gelegenen Etappenstationen aus unabhängig durchgeführt. Während dieser Zeit ist also der eigentliche Aequatorflug auf kürzere Zeit unterbrochen. In diesen abgetrennten photogrammetrischen Landesvermessungen höherer Genauigkeit ist die vermessungstechnische Hauptaufgabe des Aequatorfluges zu erblicken. Die Loslösung aus dem ganz auf den Kampf mit der unerforschten Tropenwildnis eingestellten eigentlichen Expeditionsprogramm sichert ihnen die nötige Ruhe und Unabhängigkeit der Vorbereitung, die für derartige wissenschaftliche Arbeiten unerläßliche Bedingung des Gelingens ist. Auf diese Weise wird es auch vermieden, daß längs des ganzen Aequators ein sozusagen weitverzweigter und darum aussichtsloser Kampf der messenden Wissenschaften mit schwierigsten Problemen einsetzt, es wird vielmehr die Hauptarbeitskraft der vermessungstechnischen Fahrtmitglieder auf klargestellte und wirtschaftlich bedeutende Aufgaben angesetzt, sodaß auf diesem Gebiete das Unternehmen des Aequatorfluges auf einen vollen wissenschaftlichen und auch wirtschaftlichen Erfolg rechnen kann.

Berichtigung

zum Aufsatze: „Versuche zur Anfertigung von Katasterkarten im Maßstabe 1 : 1000 mit aerophotogrammetrischen Instrumenten . . ." (Bildmessung und Luftbildwesen 1932 Nr. 2 S. 61 und folg.).

Auf Seite 62, Zeile 14 von unten meines in B. u. L. 2/32 abgedruckten Aufsatzes ist für „das einzige" zu setzen „das zweite", denn das erste Ausmeßgerät, das eine gemeinsame Drehung der beiden Bildhaltekammern um zwei Achsen gestattete, war der Wild-Autograph.

Ferner ist in der auf Seite 69 abgedruckten Tabelle ein Druckfehler. Statt „0.118 mm" muß es heißen „0,128 mm".

Diese Berichtigungen bedingen aber keine Aenderungen der übrigen Teile des Aufsatzes, auch nicht des Kapitels „Wahl des Systems".

Denn für die in diesem Aufsatze behandelten holländischen Versuche waren die kurze Brennweite der Wildschen Aufnahmekammern und demzufolge der kleine Aufnahmemaßstab, ferner der durch das kleine Bildformat verursachte kleine Bildinhalt und das hiermit im Zusammenhang stehende kleine Bildintervall von ausschlaggebender Bedeutung.

W. Schermerhorn.

Außerdem gingen noch zu dem vorgenannten Aufsatze eine Entgegnung von Ing. E. Berchtold, Fa. Wild, Heerbrugg (der in dieser Zeitschrift Nr. 2/1929 S. 97—99 über die Orientierungseinrichtung des Wild-Autographen berichtete), und eine Erwiderung dazu von Prof. Schermerhorn ein. Beide Manuskripte liefen nach Redaktionsschluß für das vorliegende Heft ein. Sie sind außerdem so umfangreich, daß sie aus Platzmangel in der vorliegenden Nummer nicht abgedruckt werden können.

Es seien daher hier nur einige Punkte der Entgegnung von Herrn Berchtold kurz gestreift:

Betreffend „Wahl des Systems" hält Berchtold die Beobachtung in Kernebenen nicht für ausschlaggebend. Benutzer des Wild-Autographen rühmen das große Gesichtsfeld

seiner Betrachtungseinrichtung, sowie deren helle und klare Abbildung. Auch für die Wildsche Ausrüstung gibt es jetzt Filmkassetten. Die Wildsche Korrektureinrichtung erklärt er und vergleicht mit ihr die Steuerung der Zusatzoptik des Planigraphen. Der Aufnahmemaßstab sei weniger wichtig als das Ergebnis der Auswertung. Auch bei der Wild-Ausrüstung würde man etwa ebenso hoch fliegen wie bei der Zeissschen, dann würde auch der Bildinhalt ein entsprechender sein. Der Auswertemaßstab werde in erster Linie durch das Auswertegerät selbst bestimmt.

Betreffend Genauigkeits-Untersuchungen hält Berchtold die Trennung der Orientierungsfehler u. dgl. von anderen Fehlern nicht für zweckmäßig.

Betreffend Anwendungsmöglichkeiten ... können Werte, die für terrestrisch schwer zugängliche Gebiete (Polderland) ein genügendes Hilfsmittel für das Kataster geben, nicht für hochkultivierte Gebiete als ausreichend für ein exaktes Kataster angesehen werden.

Die Vergleiche mit anderen Versuchsergebnissen sind nach Ansicht von Herrn Berchtold nicht auf gleichwertigen Grundlagen aufgebaut. Bei den genannten Versuchen mit den anderen Geräten handelte es sich um andere Maßstäbe (1 : 25 000). Für die drei in Frage kommenden Auswertegeräte nach solchen Vergleichen ein Qualitätsverhältnis anzugeben, hält Berchtold daher nicht für angängig. Die erwähnten schweizerischen Versuche beträfen erste Probemessungen von 1928. Inzwischen seien bei der Wild-Apparatur bessere Ergebnisse erzielt worden.

Außerdem gibt es jetzt auch eine Wild-Koppelkammer (vgl. Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik 1932 Nr. 6/7; Aufsatz von Dr. Zeller).

Die Schriftleitung.

Kleine Mitteilungen

Jubiläumstage.

Das Jahr 1932 brachte nicht nur Oesterreich und Frankreich die 25jährige Wiederkehr des Gründungstages der Landesgesellschaft für Photogrammetrie und den 70. Geburtstag des Ehrenpräsidenten und Begründers der Internationalen Gesellschaft f. Photogrammetrie, Hofrat Prof. Dr. Doležal, sondern auch für die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie verschiedene Jubiläen: Der deutsche Altmeister, Geh. Hofrat Prof. Dr. Sebastian Finsterwalder, dessen hohe Bedeutung für das Meßbildwesen schon in dieser Zeitschrift erwähnt wurde (B. u. L. 2/32 S. 54; sein Bild: B. u. L. 1/27 S. 6), vollendet am 4. Oktober sein 70. Lebensjahr. Den 60. Geburtstag konnte am 13. Februar der Begründer der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Dr. Max Gasser, begehen, dessen wichtige Erfindungen (vgl. B. u. L. 2/32 S. 56/57) für die Luftbildmessung auch hier in Erinnerung gebracht seien. Außerdem wird am 5. Oktober 1932 Prof. Dr. R. Hugershoff, dessen Luftbildmeßgeräte Weltruf erlangten, 50 Jahre.

Leider erhielt die Schriftleitung diese Nachrichten erst, als dies Heft schon im Druck war, sodaß es nicht möglich war, die hohen Verdienste dieser Herren für die Entwicklung des Luftbildwesens eingehend zu behandeln. Es sei nur auf den im vorigen Heft erschienenen Aufsatz von Prof. Dr. Dock hingewiesen und allen drei Herren der beste Glückwunsch zu ihrem Jubiläum ausgesprochen.

Erwähnt sei noch, daß 1933 der 25jährige Gedenktag der durch Ing. Kammerer bei Gelsenkirchen ausgeführten ersten Luftbildmeßaufnahmen in Deutschland durch eine Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie in Essen gewürdigt werden soll.

Luftbildverwendung für Katasterzwecke in Spanien.

Die vielen Bemühungen, die Luftphotogrammetrie bei der spanischen Katasteraufnahme einzuführen (vgl. u. a. B. u. L. 1932, S. 28, 29, 38 und 82), haben nunmehr zur Schaffung eines diesbezüglichen Gesetzes geführt. Nachdem ein diesbezüglicher Gesetzentwurf bereits am 13. Mai 1932 durch den Finanzminister ausgearbeitet worden war, wurde derselbe in der Parlamentssitzung vom 27. Juli 1932 genehmigt und das Gesetz in der „Gaceta de Madrid" am 9. August 1932 veröffentlicht.

Dieses Gesetz ermächtigt das Finanzministerium zur Ausschreibung eines Wettbewerbes unter nationalen Luftbildfirmen zwecks Lieferung der photographischen Unter-

lagen. Als längster Zeitraum sind drei Jahre und als größte Jahresproduktion zwei Millionen Hektar vorgesehen. Da es sich nach Mitteilungen des Katasterdirektors insgesamt um die Aufnahme von 24 Millionen Hektar in etwa 12 Jahren handelt, so soll noch vor Ablauf dieser drei Jahre das Finanzministerium dem Parlament die entsprechenden Vorschläge für die Weiterarbeit erstatten. An Auslagen werden etwa 6,50 Pts/ha oder 10 bis 11 Millionen Pesetas jährlich angenommen, während die bisherige flüchtige Katasteraufnahme dem Staat 15—18 Pts/ha kostete. Ing. F. Manek.

Veranstaltung „Luftbild und Luftbildverwertung" in Berlin.

Das Bild- und Filmamt der Stadt Berlin hat in seinen Räumen gemeinsam mit der Bildstelle des Preuß. Ministeriums für Handel und Gewerbe am 27. Mai 1932 Vorträge über „Luftbild und Luftbildverwertung", verbunden mit einer Ausstellung, veranstaltet. Es waren hierzu vornehmlich die Behörden sowie sämtliche Schulen der Stadt Berlin eingeladen. Einleitend gab der Unterzeichnete eine allgemeine Einführung in das Luftbildwesen. An Hand von Lichtbildern wurden die wesentlichen Eigenschaften des Luftbildes, die technische Ausführung und die ihr dienenden Geräte, die Entzerrung und die Herstellung der Luftbildpläne, unter besonderem Hinweis auf die Beschaffung der Paßpunkte besprochen und endlich ein kurzer Hinweis auf die Luftbildmessung gegeben. Anschließend wurde die Verwertung des Luftbildes für wissenschaftliche Zwecke, insbesondere für das Vermessungswesen und das gesamte Bauwesen, behandelt und ein Ueberblick über die Organisation des Luftbildwesens („Luftbilderlaß" des Preuß. Ministers für Handel und Gewerbe vom 18. Oktober 1929, ausführende Luftbildgesellschaften, Firmen der gerätebauenden Industrie) gegeben. In einem zweiten Vortrag wurde die Verwertung des Luftbildwesens für unterrichtliche Zwecke dargelegt. Direktor Dr. Günther vom Bild- und Filmamt sprach über „Luftbild und Stadtverwaltung", und wies insbesondere auf den Wert des Luftbildes für eine anschauliche und zusammenfassende Geländedarstellung und für die Gewinnung von Unterlagen für eine zeichnerische Abstraktion hin.

In der Ausstellung waren in Abbildungen die wichtigsten Aufnahme- und Auswertungsgeräte der Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. und Photogrammetric G. m. b. H. mit Arbeitsergebnissen gezeigt, ferner zahlreiche Luftbildpläne und Karten der einzelnen Luftbildgesellschaften, durch die die Verwertungsmöglichkeiten für wirtschaftliche Zwecke veranschaulicht wurden. Für Lehrerkreise waren mehrere Diapositivreihen und Tafelsammlungen (Luftbild u. Unterricht, Berlin, Mark Brandenburg a. d. Vogelschau), die von der Bildstelle des Preuß. Ministeriums für Handel und Gewerbe bearbeitet worden sind, ausgestellt. Die Ausstellung war für eine Woche geöffnet und wurde dadurch noch weiteren Kreisen gelegentlich anderweitiger Veranstaltungen des Bild- und Filmamtes zugänglich gemacht.

Am Nachmittag sprach Obervermessungsrat Lips (Stadtvermessungsamt Köpenick) über die Entstehung der Karte nach alten und neuen Methoden. An Hand der Erfahrungen, die bei der Luftbildaufnahme von Groß-Berlin gesammelt worden sind, wies er auf die wirtschaftlichen Vorteile durch die Verwertung des Luftbildes für die Geländeaufnahmen hinsichtlich Ersparnis an Zeit und Kosten hin. Die Veranstaltung fand ihren Abschluß durch einen Besuch der Hansa Luftbild G. m. b. H., wo noch einmal in einer Ausstellung Arbeitsergebnisse gezeigt, insbesondere aber die Einrichtung, der gesamte Arbeitsbetrieb und die einzelnen Geräte praktisch vorgeführt und erläutert wurden.

Dr.-Ing. Ewald.

Vortragsreihe: „Einführung in den Gebrauch des Luftbildes" an der Techn. Hochschule Berlin.

Im Rahmen der Vorlesungen der Bauabteilung der Technischen Hochschule in Charlottenburg wurden für Studierende des Hochbaufaches von dem Unterzeichneten drei Vorlesungen über „Einführung in den Gebrauch des Luftbildes für die Zwecke des Hochbauwesens" gehalten. Es wurden besprochen: Wesen und besondere Eigenschaften des Luftbildes. Die Aufnahmearten. Die Aufnahmegeräte (Hand- und eingebaute Kammern, Reihenbildkammern und Meßkammern). Anlage des Bildfluges. Festlegung des Flugstreifens in der Karte unter Berücksichtigung der Ueberdeckungsprozente. Maßstabsbestimmung der Aufnahmen. Grundlagen der Entzerrung. Die Entzerrungsgeräte. Die Entzerrungsunterlagen und ihre Beschaffung. Herstellung des Luftbildplanes.

Grundzüge der Hauptpunktstriangulation und der ihr dienenden Instrumente, der Stereoskopie und der Luftbildmessung.

Insbesondere wurde die Verwertung des Luftbildes für die Zwecke des Bauwesens sowohl hinsichtlich der Projektbearbeitung neuer Bauvorhaben, wie der Darstellung des fertigen Bauwerks in seiner körperhaften und räumlichen Gestaltung, der Siedlungsformen in Dorf und Stadt und der Verbindung zwischen Landschaft und Bauwerk behandelt.

Die Vorlesungen fanden eine Ergänzung durch einen Besuch der Hansa Luftbild G. m. b. H. in Tempelhof, wo die Betriebseinrichtungen und die einzelnen Geräte in ihrem praktischen Gebrauch gezeigt wurden. Endlich ist ein Studienflug von Berlin nach Potsdam für die Teilnehmer an dem Lehrgang durchgeführt worden, nachdem ihnen vorher das überflogene Gelände in einem Sondervortrag an Hand von Lichtbildern nach Luftaufnahmen gezeigt worden war.

Dr.-Ing. Ewald.

Firmenänderung.

Der Betrieb der Junkers-Luftbild-Zentrale, Leipzig, wurde im Juli d. J. von der „Bild-Flug" G. m. b. H. Gesellschaft für Luftbildaufnahme, Luft-, Erdvermessung und Sonderflugdienst, Leipzig N 21, Flughafen Mockau, übernommen.

Zum Präsidenten des Verwaltungsrates ist Herr Alexander Roechling (Berlin) und zum Geschäftsführer der bisherige Leiter der Junkers-Luftbild-Zentrale, Herr Herbert-Armin Angelroth, bestellt worden.

Vereinsnachrichten

A. Belgische Gesellschaft für Photogrammetrie.

Präsident: Prof. Jean Maury, Scherbeck, Avenue d'Opale 73;

Vizepräsident: Léone van Oost, Direktor der Société Belge de l'Exploitation de la Photographie aérienne (SABEPA), Brüssel, Les Bambus Stockel;

Schriftführer: Fernand Cattelain, Scherbeck-Brüssel, 54 Avenue Huart-Hamoir;

Kassierer: Paul Brabant, Brüssel 2, rue Laneau 48;

Beisitzer: Generallt. Neefs, Prof. Dehalu, Coutréz;

Mitglieder: Dammon, Douette, Fisch, Goderniaux, Husson, Lagrange, Marchal, Pinget, Poncelet, de Saedler, Smeyers, Seleznaff, Washmann.

Im ersten Halbjahr 1932 hielt die Belgische Gesellschaft für Photogrammetrie fünf Vortragsabende ab:

Am 7. Januar sprach Ing. H. Seleznaff über „Neuzeitliche Entzerrungsgeräte". Er erläuterte zunächst die geometrischen und optischen Grundlagen und den Zeissschen Inversor. Eingehender behandelte er die Geräte von Aschenbrenner, von Zeiss, Hugershoff, Barr & Stroud und Roussilhe, sowie eine mit dem Zeiss-Entzerrungsgerät ausgeführte Arbeit.

Am 4. Februar berichtet Sylvain Arend, Astronom des Observatoriums Uccle, über die Perspektive in der Astrographie. Er erörterte hierbei ein neues Verfahren, die Bahnen neuer Planeten zu ermitteln.

Am 3. März hielt der technische Direktor der SABEPA, van Oost, zwei Vorträge. Beim Thema „Anwendung des Wild-Autographen für Luftbildmessungen" behandelte er die Einpaßunterlagen für große und für kleine Maßstäbe, den Folgebildanschluß und die Ueberprüfung der Orientierung. Unter „Bildmessung und Städtebau" berichtete er über eine bei Woluwe St. Pierre durchgeführte Luftbild-Arbeit etwa folgendes: Eine Grundstück-Firma hatte ihr Gelände zunächst terrestrisch vermessen lassen, die Nachbarn ließen entsprechende Arbeiten vornehmen und es wurden gegenseitige Fehler festgestellt. Darauf wurde von der SABEPA mit der Zeissschen Ausrüstung ein Luftbild-

plan des 144 ha umfassenden Gebietes mit 1 m Schichtlinien binnen sieben Tagen hergestellt und die Fehler hierdurch geklärt.

Am 7. April sprach Universitätsprofessor van der Heyden, Gent, über die Anwendung der Photogrammetrie bei öffentlichen Arbeiten. Nach Feststellung, was alles an vorhandenen Karten zu ergänzen ist, gab er Beispiele für Arbeiten in den verschiedensten Maßstäben zwischen 1:200 und 1 : 100 000.

Am 2. Juni ergänzte Herr Arend seinen Vortrag vom 4. Februar durch Ausführungen über die gegenseitige Orientierung von Stern-Aufnahmen. Außerdem berichtete Herr van Oost über die Herstellung eines 20 m langen Luftbildplanes von einem 19 km langen, projektierten Bauabschnitt des Albert-Kanals.

Die ausführlichen Berichte über diese Vorträge sind im „Bulletin de la Société Belge de Photogrammétrie" (106 Seiten) erschienen, das auch über die Wiener Veranstaltung vom März 1932 berichtet.

B. Norwegische Gesellschaft für Photogrammetrie.

Am 5. Februar 1932 fand die Generalversammlung statt. Außerdem wurden im Winter 1931/32 folgende Vorträge gehalten:

1. Ingenieur Keller und Konservator Löining: Arbeiten auf Grönland;
2. Kaptein Ween: Vermessungsarbeiten vom „Graf Zeppelin" über Franz-Josephs-Land und Nowaja-Semlja;
3. Prof. Störmer: Photogrammetrische Messung von Perlmutter-Wolken.

In den Vorstand wurden wiedergewählt: Direktor, Major Klingenberg, Prof. T. Eika, Dozent A. Hoel und als Sekretär Kaptein Th. Ween. Die Gesellschaft umfaßt 28 Mitglieder.

Im Sommer 1932 wurden in Norwegen vom Geografiske Opmaling die ersten luftphotogrammetrischen Arbeiten mit Instrumenten der Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. ausgeführt.

C. Spanische Gesellschaft für Photogrammetrie.

Die Spanische Studien-Gesellschaft für Photogrammetrie konnte in diesem Sommer zu einem ihrer Vortragsabende den Präsidenten der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Herrn General Perrier, in Madrid begrüßen. Herr General Perrier hielt dort einen Vortrag über die Entwicklung der Photogrammetrie in Frankreich, der mit großem Interesse verfolgt wurde.

Im Juli 1932 erschien das Doppelheft III/2—3 der „Anales de la Sociedad de estudios fotogramétricos". Es enthält Aufsätze von Pajares (Analytische Lagebestimmung eines Punktes in der terrestrischen Photogrammetrie), Martinez Cajen (Katasterproblem in Spanien), Ruiz de Alda (Rasche nationale Katasteraufnahme), Radicke (Stereophotogrammetrische Aufnahmen in Chile), Copado y Hernandez (Photogrammetrie auf Cuba), van Oost (Photogrammetrische Arbeiten der SABEPA in Belgien), ferner kleine Mitteilungen über Luftphotogrammetrie aus großen Höhen („Luftwacht" 1931 Nr. 2) und Lacmanns Entzerrungsgerät für nicht ebenes Gelände sowie einige Buchbesprechungen.

D. Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie.

Programm der 5. Hauptversammlung vgl. Seite 97 dieser Nummer B. u. L.

Das Verzeichnis der Mitglieder und Bezieher ist neu bearbeitet und geht den Mitgliedern und den Landesgesellschaften zu. Weitere Exemplare sind durch Herrn Verm.-Rat Böttcher, Geschäftsstelle des DVW., Charlottenburg 2, Grolmanstraße 32/33, zu beziehen.

Verlag von R. Reiss G. m. b. H. in Liebenwerda (Provinz Sachsen).

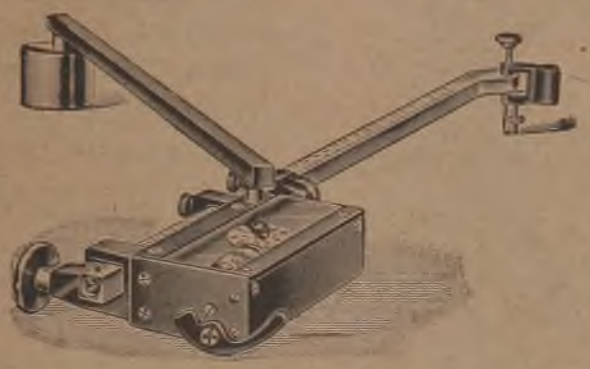
BIBLIOTEKA POLITECHNIKI

Kompensations-Planimeter

von höchster Präzision

mit festem Fahrstab und auch mit verstellbarem Fahrarm lieferbar

Neu!



Planimeter Nr. 3847, verstellbarer Fahrarm mit Schutzvorrichtung für Meßrolle, Zählrad und Ausschaltehebel — D. R. G. M.

Nr. 3821. Kompensations-Planimeter

in neuer Ausführung. Der feste Fahrstab hat rundes Profil und trägt keine Teilung. Mechanisch so konstruiert, daß eine Verstellung in der Länge nicht erforderlich ist. Gewährleistet Unveränderlichkeit in der Länge und auch in der Noniuseinheit.

Die Herstellung der Präzisions-Planimeter erfolgt auf Grund langjähriger Erfahrungen in den Sonderabteilungen unserer mechanischen Werkstätten. Wir können ohne Übertreibung behaupten, daß unsere Planimeter bezüglich ihrer Güte und Genauigkeit von keinem anderen Fabrikat übertroffen werden. Unsere Sonderdrucksache Nr. 224 über Theorie u. Gebrauch stellen wir kostenlos zur Verfügung.

R. Reiss G. m. b. H.

Liebenwerda (Provinz Sachsen)

Zeichengeräte
Vermessungsinstrumente
Technische Papiere
Bürobedarf

GEBR. WICHMANN

M. B. H.

Gegr. 1873

Theodolite

Nivellierinstrumente, Bussolen
Meßtisch-Ausrüstungen
Photo-Theodolite
Auswertegeräte
Photogrammetrische Apparate

der „Vereinigten Werkstätten für wissenschaftliche Präzisions-Instrumente der Firmen

Max Hildebrand, früher Aug. Lingke & Co., G. m. b. H., Freiberg i. Sa., und

Gebr. Wichmann m. b. H., Berlin"

und der

„Verk.-A.-G. H. Wild's geod. Instrumente"

Nivellierlatten / Meßlatten / Fluchtstäbe
Nichtrostende Stahlbandmaße — Wasserdichte Leinenbandmaße

Reißzeuge / Rechenstäbe

Pantographen
Planimeter
Winkelköpfe
Winkelspiegel
Winkelprismen
Auftrage-Apparate

Für Vervielfältigung von Feldbüchern und Zeichnungen:

Tageslichtpausapparate
Trockenentwicklungskästen
Lichtpauspapier Marke „OZALID"

Vertreter

der Verkaufs-A.-G. H. Wild's geod. Instrumente

Sonderprospekte frei!

Berlin NW 6
Karlstr. 13—14

Breslau 1
Reuschestr. 13-14

Düsseldorf
Adlerstr. 78

Hamburg 1
Rathausstr. 13

Magdeburg
Alte Ulrichstr. 17

Stettin
Scharlaustr 2

Stuttgart
Kronenstr. 24

Kowno (Litauen)
Laisvès Alèja 50

Verlag R. Reiss G. m. b. H.

Liebenwerda (Provinz Sachsen)

Suckow: **Die Grenzanerkennungsverhandlungen.** 2. Auflage. Broschiert . . . . . RM **2.70**
Dieses Werk ist den heutigen Bedürfnissen der Praxis angepaßt und jedem Vermessungskundigen nur zu empfehlen.

Wimmer: **Die neueren preußischen Katasterneumessungen.** Zweite verbesserte und erweiterte Auflage. 132 Seiten stark mit zahlreichen Abbildungen und über 200 in den Text gedruckten Figuren. In Ganzleinen gebunden . . . . . RM **8.00**

Zimmermann: **Die Berechnung und Teilung der Grundstücke mit Hilfstafeln.** 2 Bände in Ganzleinen, 272 Seiten stark mit 150 in den Text gedruckten Abbildungen. Preis für beide Bände . . . . . RM **6.00**
Das Buch ist als praktisches Hilfsmittel für Grundstücksteilungen zu bezeichnen und für die Praxis und das Studium unentbehrlich.

Rechentafeln. Große Ausgabe, 4. Auflage, gebunden . . . . . RM **4.80**
Kleine Ausgabe, 4. Auflage, gebunden . . . . . RM **1.60**
Die Rechentafeln sind bekannt u. bedürfen keiner besonderen Empfehlung.

Quadrattafeln. Große Ausgabe, 2. Auflage, gebunden . . . . RM **6.40**
Die Tafeln enthalten die Quadrate aller Zahlen bis 100009 und erfreuen sich allgemeiner Beliebtheit.

Quadrattafeln. Kleine Ausgabe, 4. Auflage, in Leinen geheftet RM **1.00**
Die Tafeln enthalten die Quadrate aller Zahlen bis 10009 in abgerundeter vollständiger Form. In ganz bequemem Taschenformat hergestellt, sind sie hauptsächlich für den Gebrauch bei den landmesserischen Feldarbeiten bestimmt.

Krebsbach: **123 technische Aufgaben für Grundstückstellungen.** Neu zusammengestellt. 3. Auflage, geheftet . . . . . RM **2.00**
Das Werk ist für Katastertechniker besonders wertvoll und ein unentbehrliches Hilfsmittel zur Vorbereitung auf die Berufsprüfungen der preuß. Katasterverwaltung.

Scherersche **Logarithmisch-graph. Rechentafel** (entsprechend einem Rechenschieber von 3 m Länge) bestehend aus der Grundplatte von Stahlblech (33×21) und dem Glimmerschieber (18×12) . . . . . RM **21.00**
Sie ist besonders vorteilhaft im Felde wie im Büro zur unmittelbaren mühelosen Ausrechnung (ohne zu blättern) von Ausdrücken der verschiedenen Rechenarten zu gebrauchen.

Neue Preise!

Sämtliche Werke sind sofort lieferbar

AGFA Aërochrom-Films
und -Platten
Aëropan-Films

für Luftbild-Aufnahmen und
für die Aërophotogrammetrie

AGFA Platten und Films

für die Reproduktionstechnik
Agfapapiere zur Auswertung
von Vermessungs-Aufnahmen

Verlangen Sie Spezial-Broschüren und Muster

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Agfa Abt. Reproduktionstechnik Berlin SO 36