

Cz. 2691

# Bildmessung und Luftbildwesen

Beiheft der  
**Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten**

unter Mitarbeit der  
Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie E. V.

Herausgegeben von Herbert Wichmann, Berlin - Bad Liebenwerda.  
Schriftleiter: Kurd Slawik, Vermessungsingenieur.

---

9. Jahrg.

Juni 1934

Heft 2

---

## I n h a l t

Prof. Dr. Eggert 60 Jahre. Seite 57 / Praktische Untersuchung über die Auswertegenauigkeit im Stereoplanigraphen. Seite 58 / Die ersten Versuche mit der optischen Pyramide. Seite 65 / Die Wirtschaftlichkeit des kommunalen Planwesens nach Luftbildaufnahmen. Seite 71 / Zur Orientierung terrestrischer Aufnahmen. Seite 74 / Das Entzerrungsgerät Wild-Odenocrants. Seite 87 / Das selbstfokussierende Entzerrungsgerät Zeiss. Seite 95 / Ergebnisse einer Prüfung des Correctostat-Papieres. Seite 96. Kleine Mitteilungen. Seite 99 / Bücherbesprechung. S. 100. Vereins-Nachrichten. Seite 107.

---

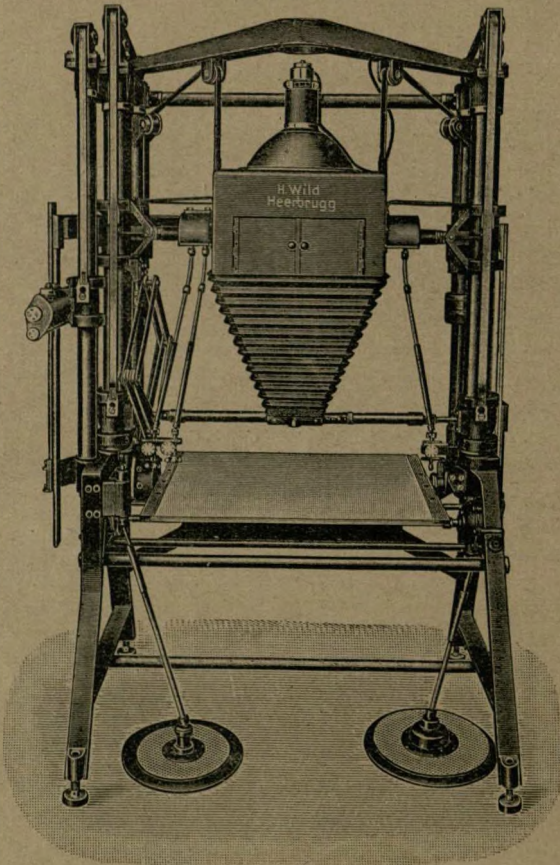
### Wichtige Adressen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie:

Postscheckkonto: Berlin Nr. 284 56, Deutsche Ges. f. Photogramm., Berlin NW 21, Emdener Str. 50. Kassierer und Versand: J. Unte, Berlin NW 21, Emdener Str. 50. An diesen sind auch Reklamationen und Nachbestellungen von Druckschriften zu richten. Schriftführer: Oberregierungsrat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Str. 1.



# WILD

## NEUES ENTZERRUNGSGERÄT WILD-ODENCRANTS



Vollautomatisch

Vergrößerung  
bis  $4\frac{1}{2}$  fach

Verkleinerung bis  
auf ein Drittel

5 Freiheitsgrade

Nur ein Objektiv  
für alle  
Einstellungen

Größte Höhe  
nur 2,7 m  
Gewicht 580 kg

Dieses Entzerrungsgerät ist wie alle WILD-Produkte wiederum vollkommen in seiner Art

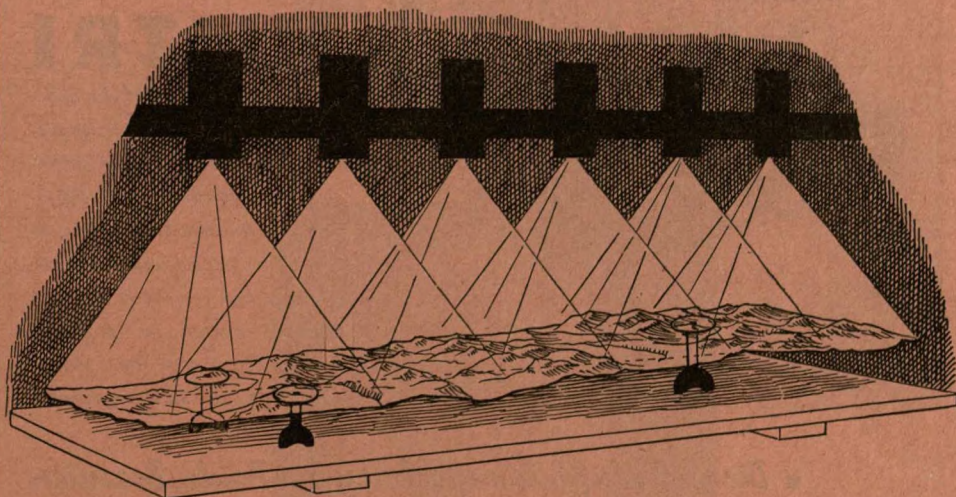
# A.-G. HEINRICH WILD

Vertreter: Gebr. Wichmann m.b.H., Berlin NW6, Karlstr. 13-14

*Alte. S. 1189/64*

# PHOTOGRAMMETRIE

Geräte für Aufnahme  
und Auswertung



Der Aeroprojektor „**Multiplex**“  
ist lieferbar / Man verlange Sonderprospekt ZA 33

**ZEISS - AEROTOPOGRAPH**

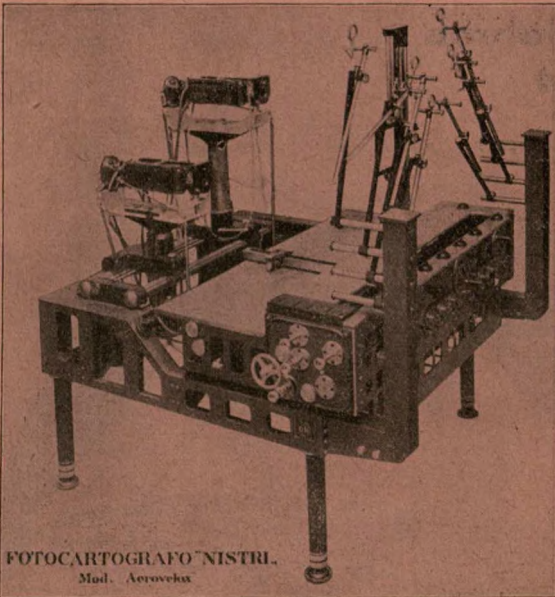
**Jena**

# S.A.R.A.

Società Anonima Rilevamenti Aerofotogrammetrici

Via Francesco Negri 11, **ROM**

Telegramm-Adresse: Saromi-Roma



FOTOCARTOGRAFO NISTRÌ.  
Mod. Aeroveks

Nach dem Luftbildmeßverfahren

## NISTRÌ

wurden in Italien und den anderen Ländern zum Zwecke der Katastervermessungen, für Eisenbahnen, Auto- und Fernverkehrsstraßen, Bodenverbesserungen, industrielle Anlagen und geologische Erkundungen mehrere hunderttausend Hektar im Maßstabe 1:500 bis 1:5000 und kleiner aufgenommen und ausgewertet.

### ● Die große Luftbildmeßarbeit in Sao Paulo, Brasilien

(3500 Hektar 1:1000 mit Höhenschichtlinien im Abstand von 1 Meter und hunderttausend Hektar 1:5000 mit Höhenschichtlinien von 5 zu 5 Metern) wurde zur größten Zufriedenheit der Kontrollkommission im Internationalen Wettbewerb ausgeführt.

### ● Die „S.A.R.A.“ besitzt 6 Stück des großen Modells

des Photokartographen „NISTRÌ“. Sie beschäftigt ferner 52 technische Spezialisten. Eine straffe und wissenschaftliche Organisation ermöglicht ihr deshalb, alle Luftbildmeßaufträge zu Zwecken jeder Art in den Maßstäben 1:500 bis 1:25000 auszuführen, und zwar in allen Ländern der Welt.

### ● Die Schwesterfirma „Ottico Meccanica Italiana“

baut automatische Luftbildaufnahmekameras, Phototheodolite, Theodolite, Tachymeter, Nivellierinstrumente und alle anderen topographischen Instrumente.

### ● Vertreter in allen maßgebenden Ländern



# Bildmessung und Luftbildwesen

Beiheft der  
**Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten**

unter Mitarbeit der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie E. V.

Nachdruck von Originalartikeln nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Schriftleiter: Kurd Slawik, Vermessungsingenieur.

Manuskripte für Aufsätze und Fachberichte für das nächste Heft bitten wir bis zum 10. Juli an Ober-Reg.-Rat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Str. 1, zu senden.  
Die Schriftleitung.

---

---

9. Jahrg.

Juni 1934

Nr. 2

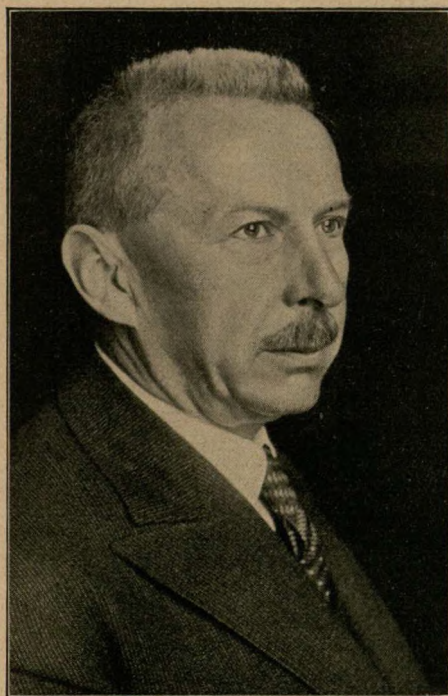
---

---

## Prof. Dr. Eggert 60 Jahre

Professor Dr. phil. und Dr.-Ing. e.h. Otto Eggert, der im Hochschuljahr 1933/34 Rektor der Technischen Hochschule Berlin war, vollendete am 4. Februar d. J. sein 60. Lebensjahr.

Seine hervorragende Stellung als Geodät, als Hochschullehrer, als Mitglied des Beirates für das Vermessungswesen, als Führer der wissenschaftlichen Gruppe des Reichsstandes für das Vermessungswesen, als Schriftleiter der Zeitschrift für Vermessungswesen



und als Herausgeber des Standardwerkes „Handbuch für Vermessungskunde, Jordan-Eggert“ ist weit hinaus über Deutschlands Grenzen bekannt.

Der Photogrammeter schätzt ihn aus seiner Amtszeit als geschäftsführender Präsident der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie 1926—1950. In diese Zeit fällt einerseits der größte Aufschwung dieser Gesellschaft von zwei auf zwölf Landesgesellschaften und von 150 auf über 1000 Mitglieder, und andererseits der Züricher Photogrammeterkongreß 1950, dessen örtliche Vorbereitungen von Prof. Dr. Baeschlin,

Dr. Zeller und anderen getroffen wurden. Unter Eggerts Führung wurden völlig neue Satzungen dieser Gesellschaft vorbereitet, durchgearbeitet und angenommen. Auf diesem Kongreß kam die Pioniertätigkeit Deutschlands auf dem Gebiete der Luftbildmessung, ihrer Verfahren und ihrer geistvoll durchdachten Ausmeßmaschinen bestens zur Geltung.

Dem Vorstände der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie gehört Eggert seit Jahren an. Er vertritt hier die Interessen des Deutschen Vereins für Vermessungswesen und leitet die Kommission für das mehrsprachige Wörterbuch, das bisher in Einzellieferungen erschienen ist und im Herbst d. J. als geschlossenes Buch in deutscher, englischer, französischer, italienischer und spanischer Sprache herauskommt.

Am 4. Februar 1874 zu Tilsit in Ostpreußen geboren, besuchte er zunächst das dortige Realgymnasium und dann die Landwirtschaftliche Hochschule Berlin, an der er 1895 das Landmesser-Examen bestand. Er setzte seine Studien über Geodäsie, Mathematik und Astronomie an der Berliner Universität fort, promovierte 1898 zum Dr. phil. und wurde 1903 Privatdozent an der Universität Berlin und bald darauf auch an der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. 1904 erhielt er die Professur für Geodäsie an der neu gegründeten Technischen Hochschule Danzig, 1921 diejenige an der Landwirtschaftlichen und 1925 an der Technischen Hochschule Berlin, an der jetzt diese beiden Professuren vereinigt sind. Die Technische Hochschule Hannover ernannte ihn ehrenhalber zum Dr.-Ing. Der seinem Institut für Vermessungswesen angeschlossene Lehrstuhl für Photogrammetrie (Prof. Dr. Lacmann) ist wohl der am besten ausgestattete Lehrstuhl dieses neuen Zweiges des Vermessungswesens, da dem zahlreichen Hörerkreise fast alle wichtigen Aufnahme- und Ausmeßmaschinen Deutschlands dort zur Verfügung stehen. In seiner Antrittsrede als Rektor der Hochschule wies er vor allem auf die Bedeutung der Luftbildvermessung hin. Diese kommt auch in sehr guter Weise in dem im Jahre 1935 herausgegebenen 2. Halbbande des Bandes II seines Handbuches der Vermessungskunde zur Geltung. Von seinen sonstigen Aufsätzen auf dem Gebiete der Photogrammetrie seien insbesondere genannt:

1. Neuere Instrumente für Stereophotogrammetrie; Z. Vermess.-Wes. 1908 S. 425;
2. Der Stereoaograph von Oblt. v. Orel; Z. Vermess.-Wes. 1913 S. 7;
3. Rückwärtseinschneiden im Raum; Z. Vermess.-Wes. 1920 S. 276;
4. Der Stereoaograph; Z. Vermess.-Wes. 1920 S. 529, 624;
5. Die Berechnung der äußeren Orientierung in der Photogrammetrie aus der Luft; Z. Vermess.-Wes. 1925 S. 205;
6. Die Entwicklung der photogrammetrischen Auswertegeräte in Deutschland; Z. Vermess.-Wes. 1928 S. 593, 625.

O. K.

## **Praktische Untersuchung über die Auswertegenauigkeit im Stereoplanigraphen**

Von Dipl.-Ing. W. Brucklacher, Jena.

Im Anschluß an eine von der Firma Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. durchgeführte Vergleichsauswertung bezüglich der Verwendung der Luftbildvermessung für Katasterzwecke, über die noch an anderer Stelle eingehend berichtet werden wird, wurden mit dem Aufnahmestoff, das für diese Probearbeit zur Verfügung stand, noch weitere Untersuchungen angestellt über die Genauigkeit, die bei Auswertung von Luftbildern im Stereoplanigraphen tatsächlich erhalten werden kann.

Die meisten der bisher durchgeführten Untersuchungen über die Genauigkeit luftphotogrammetrischer Vermessungen lassen sich nach ihrer Methode in zwei Gruppen einteilen. Die eine Gruppe untersucht die einzelnen Fehlerquellen, die einmal durch die mechanische Konstruktion der Instrumente bedingt sind, die ferner durch Unstimmigkeiten in der Optik und endlich durch die Fehler bei der Herstellung der Orientierung des Raummodells hervorgerufen werden, versucht, alle diese Fehler einzeln zu bestimmen und daraus an Hand des Fehlerfortpflanzungsgesetzes die für die Kartierung entstehenden Fehler abzuleiten. Im Interesse der wissenschaftlichen Forschung sind derartige Untersuchungen sehr zu begrüßen, da sie über Fehlerzusammenhänge beim Auftreten von systematischen Auswertefehlern Aufschluß geben können. Sie sind außerdem notwendig für die Feststellung der Genauigkeit, mit der bei automatischen Geräten einzelne Instrumententeile gebaut und justiert sein müssen. Es werden daher solche Untersuchungen — übrigens meist immer geraume Zeit vor den entsprechenden Veröffentlichungen in der Literatur — in den Versuchslaboratorien der instrumentebauenden Firmen zwecks Feststellung von Toleranzen bei der Konstruktion durchgeführt. In der Hauptsache dürften wohl bei solchen Untersuchungen theoretische und instrumententechnische Ergebnisse erwartet

werden. Eine darauf aufbauende Diskussion der Wirtschaftlichkeit oder Leistung der photogrammetrischen Vermessungsmethode ist jedoch mit Vorsicht aufzunehmen, insbesondere, solange für die „praktischen“ Versuche, die zum Beweis des theoretischen Ergebnisses dienen sollen, „fingierte“ Beispiele herangezogen werden.

Die zweite Gruppe geht von den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen bei der Aufnahme aus und stellt an Hand von aus der Praxis herausgegriffenen Beispielen die mit den vorhandenen Geräten erreichbaren Ergebnisse fest. In der Mehrzahl der Fälle stützt sich dabei die Bestimmung der Genauigkeit auf terrestrische Vergleichsmessungen, die entweder vor oder nach dem Fluge durchgeführt werden. Die Fehler, mit denen diese Vergleichsmessungen stets behaftet sind, wurden aber bisher nirgends berücksichtigt und gehen daher zuungunsten der photogrammetrischen Messung in diese Untersuchungen mit ein. Dabei kam bisher bei dieser Art von Untersuchungen meist noch hinzu, daß sie durch die unkontrollierbaren Fehler der unregelmäßigen Papierschumpfung des Probelattes beeinflusst sind, so daß Endfehler aus diesen beiden Gründen zumindest nicht allein den Instrumenten zuzuschreiben sind.

In der vorliegenden Untersuchung wurde grundsätzlich ebenfalls der Weg über ein Beispiel aus der Praxis eingeschlagen, jedoch mit dem Unterschiede, daß die erwähnten Mängel der Papierschumpfung und die unbekannteten Fehler der bei den bisherigen Untersuchungen als „fehlerfrei“ geltenden terrestrischen Messungen eliminiert wurden. Dagegen wurden von der Untersuchung sämtliche Fehler erfaßt, die vom Beginn der Aufnahme im Flugzeug bis zur fertigen Auswertung durch Verwackeln, Filmschrumpfung, durch Verzeichnung und Verschiedenheit der verwendeten Optik (vier verschiedene Objektive), durch Restfehler bei der Orientierung des Stereomodells und durch mechanische Fehler im Auswertegerät entstehen können.

#### Methode.

Für die eingangs erwähnte Probearbeit war ein Versuchsgelände mehrfach überflogen und mit der Zweifach-Reihenmeßkammer „Helvetia“ der Zeiss-Aerotopograph G.m.b.H.<sup>1</sup> (Format 18 : 18,  $f = 21$  cm) aufgenommen worden. Vom selben Gebiet lagen zwei Flugstreifen vor, die unter den gleichen äußeren Verhältnissen, Bodensicht, Beleuchtung, und aus etwa derselben Flughöhe hergestellt waren. Um sich nun bei der Genauigkeitsuntersuchung freizumachen von den Fehlereinflüssen der terrestrischen Punktmessung — deren Genauigkeit hier schon auf Grund der Erfahrungen mit den gegebenen Paßpunkten nicht besonders zuverlässig schien —, lag nichts näher, als zwei völlig unabhängige Auswertungen mit verschiedenen Aufnahme-paaren durchzuführen und dann Vergleiche zu ziehen.

Zur Auswertung wurden zwei Filmpaare mit den Nummern 2A/3B und 7A/8B<sup>2</sup> ausgewählt, die beide fast genau den gleichen Geländeausschnitt stereoskopisch deckten. Um nun irgendwelche auftretenden systematischen Instrumentenfehler mit Sicherheit zu erfassen, wurde das zweite Bildpaar 7A/8B vor dem Einlegen noch um 180° gedreht: das Bild 8B kam also in den linken Bildträger und 7A in den rechten Bildträger des Stereoplanigraphen; beim ersten Filmpaar lag dagegen das Bild 2A im linken, das Bild 3B im rechten Bildträger.

Diese Methode entspricht genau dem Durchschlagen des Theodolitfernrohres bei der Horizontalwinkelmessung: alle durch das Auswerte-Instrument bedingten Fehler zeigen sich dabei in doppelter Größe. Gleichzeitig ist diese Vertauschung von A- und B-Bild in den beiden Bildträgern eine sehr gute Prüfung auf Fehler, die durch etwaige Verschiedenheit der Aufnahme- und Auswerteobjektive entstehen könnten.

Die Verdrehung der beiden Raummodelle zueinander hat aber noch eine andere Folge, die die Unabhängigkeit der sonst gleichartigen Messungen besonders hervorhebt. Der Beobachter sieht nämlich das zweite Modell im Stereoplanigraphen gerade von der entgegengesetzten Seite an, so daß der Raumeindruck und die „Orientierung im Gelände“ ganz neu ist im Vergleich zum ersten Modell; er kommt zum Meßmarke an dieselben Punkte genau von der entgegengesetzten Seite heran und erhält so eine von der ersten Messung völlig unbeeinflusste Auffassung und damit unabhängige zweite Messung der Punkte.

<sup>1</sup> Eine Abbildung dieser Kammer sowie des vereinfachten Zweifach-Bildträgers zum Stereoplanigraphen ist in der Beilage zum Aufsatz O. v. Gruber, Neuerungen im photogrammetrischen Instrumentenbau, Bildmess. u. Luftbildwes., Dezember 1933, Heft 4, enthalten.

<sup>2</sup> Die fortlaufende Filmnumerierung bei den Zweifach-Reihenmeßkamern der Zeiss-Aerotopograph G. m. b. H. ist so eingerichtet, daß immer zwei zusammengehörige Aufnahmen vom selben Standpunkt die gleiche Nummer erhalten. Zusätzlich trägt dann noch jede Einzelkammer die Buchstabenbezeichnung A bzw. B (also z. B. 2A/2B). Bei Folgebildanschluß überdecken sich immer 100%ig die konvergenten Bildpaare: 2A/3B, 3A/4B usw. bzw. 1B/2A, 2B/3A usw.

Durch Verwendung von verschiedenen Bildpaaren sind ferner die Einflüsse der unregelmäßigen Filmschrumpfung im weitesten Umfange in die Untersuchung mit einbezogen. Dabei darf noch erwähnt werden, daß die Filme beim Entwickeln offenbar nicht mit großer Sorgfalt behandelt worden waren, sie wiesen jedenfalls eine ganze Reihe von Strichen, Filmkratzen und ähnlichen Schichtbeschädigungen auf.

#### Auswertung.

In einem hügeligen Gelände von etwa  $700 \times 750$  m Ausdehnung, das das eigentliche Probegebiet darstellt, waren ca. 200 Bodenpunkte — größtenteils Grenzsteine, die über das ganze Gelände fast gleichmäßig verteilt waren — vor der Befliegung besonders signalisiert worden. Unter Verwendung von Kunstdünger waren weiße Kreuz- und Winkelmarkierungen angebracht, die sich auf den photographischen Aufnahmen sehr deutlich abbildeten und so für die Genauigkeitsuntersuchung eine sehr gute Punktidentifizierung darstellten. Im folgenden sind kurz die Flugdaten angeführt:

Bildpaar	2A/3B	8B/7A
Flughöhe } über Meer	950 m	930 m
} über Grund	730 m	710 m
Bildmaßstab (etwa)	1:3.500	1:3.400
Basislänge	550 m	355 m
Basis: Flughöhe	1:1,3	1:2

Für die Auswertung wurden die vereinfachten Zweifach-Bildträger zum Stereoplanigraphen<sup>1</sup> verwendet, die in gleicher Weise die Modellorientierung herzustellen erlauben, wie es bei einfachen Senkrechtaufnahmen geschieht. Für die Absolut-Orientierung der Stereomodelle waren vier Paßpunkte mit allen Koordinaten und ein Höhenfestpunkt gegeben.

Grundsätzlich wurde bei der Untersuchung, um die Fehler der Papierschrumpfung auszuschalten, kein Zeichenpapier verwendet, sondern die Raumkoordinaten von den auf der Erde signalisierten Bodenpunkten im Stereoplanigraphen selbst abgelesen. Während das Höhenzählwerk die z-Koordinaten für jeden Punkt sofort in m und cm über NN gab, war es nötig, die im Auswertemaßstab in mm erhaltenen Lagekoordinaten (x, y) der beiden Auswertungen zum Vergleich in ein gemeinsames System zu transformieren. An und für sich wäre es dabei naheliegend gewesen, das eine System direkt auf das andere zu transformieren, doch wäre dann bei der Untersuchung der Anspruch auf vollständige Verallgemeinerung des Resultats für die Praxis verlorengegangen. Daher wurde jede der beiden Ausmessungen getrennt mittels der gegebenen Paßpunkte nach der Feldermethode von S. Finsterwalder auf das Koordinatensystem der gegebenen Paßpunkte transformiert, jedoch ausschließlich hinsichtlich der Grundrißlage, während es für die Höhen bei der nach den Höhenpaßpunkten im Stereoplanigraphen erhaltenen Horizontierung ohne Änderung blieb. Bei der Transformation wurde gleichzeitig der im Instrument bei der Absolut-Orientierung geschaffene Maßstab überprüft und verbessert. Die hierfür interessierenden Angaben sind nachfolgend zusammengestellt, der Vollständigkeit halber auch die Transformationsformeln beigefügt:

Bildpaar	Maßstabsverhältnis im Stereoplanigraphen	Maßstabsfehler auf 1 km	Drehwinkel gegen das Paßpunkt-System
2A/3B (I)	1:2.499,491 <sup>3</sup>	20 cm (1/5.000)	-143° 40' 52"
7A/8B (II)	1:2.498,943 <sup>3</sup>	44 cm (1/2300)	+ 31° 40' 20"

$$\begin{aligned}
 \text{I. } & \begin{cases} X = 5086,97 - x \cdot 2,01392 + y \cdot 1,48040 \\ Y = 9836,28 - x \cdot 1,48040 - y \cdot 2,01392 \end{cases} \\
 \text{II. } & \begin{cases} X = 5051,27 + x \cdot 2,12676 - y \cdot 1,31212 \\ Y = 6744,27 + x \cdot 1,31212 + y \cdot 2,12676 \end{cases}
 \end{aligned}$$

(X, Y = Paßpunktsystem, x, y = abgelesene Maschinenkoordinaten)

<sup>1</sup> Siehe Fußnote S. 59.

<sup>3</sup> Entspricht etwa 5,6facher Vergrößerung des mittleren Bildmaßstabes im Stereoplanigraphen.



Das Maßstabsverhältnis konnte infolge von Fehlern in den für die Probeauswertung gelieferten Lagepaßpunkten im Stereoplanigraphen selbst nur näherungsweise auf 1 : 2500 gebracht werden. Wie die Verdrehungswinkel zeigen, sind die beiden je nach ihrer Basis orientierten Bildsysteme 2A/5B und 7A/8B um etwa 175° gegeneinander gedreht.

**Zahlenergebnisse.**

Diese beiden, aus verschiedenen Bildpaaren völlig unabhängig voneinander ausgemessenen und umgerechneten Koordinatenwerte wurden nun miteinander verglichen. In der am Schluß beigefügten Tabelle sind die Koordinatendifferenzen zwischen den beiden Auswertungen für jeden Punkt aufgeführt.

Zählt man dort für X, Y, Z je die Zahl der Plus- und Minusdifferenzen und bildet die Summe ihrer jeweiligen Beträge, so zeigt sich, daß die Pluswerte sowohl der Zahl als auch ihrer Summe nach bei dX und dZ etwas überwiegen:

	Summe	Anzahl
dX	+ 136,1	118
	- 69,7	75
dY	+ 108,8	102
	- 119,8	91
dZ	+ 162,0	122
	- 67,1	72

Jedoch ist im großen ganzen keine derartige Einseitigkeit festzustellen, die besondere Erklärungen verlangen würde oder eine Berichtigung einer der beiden Messungen nach irgendwelchen systematischen Fehlern hier angebracht erscheinen ließe. Daß die Abweichung der Zahl der Plus- und Minuswerte jedenfalls innerhalb der Grenzen bleibt, die von zwei derartigen, völlig unabhängigen Auswertungen erwartet werden kann, geht z. B. schon daraus hervor, daß ein systematischer Horizontierungsfehler der Stereomodelle von je 2 cm, der sich ungünstigenfalls zu einer Horizontverschiedenheit von 4 cm addieren würde, bereits den Ausgleich der Plus- und Minuswerte in dz ergäbe. Die Horizontierung ist aber hier mit einem mittleren Fehler von etwa ± 5 cm (= stereoskopische Höheneinstellgenauigkeit) behaftet.

Bildet man für X, Y, Z getrennt die Quadratsummen der Koordinaten-Differenzen, so läßt sich daraus mit der Formel  $m = \pm \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}$  als wichtigstes Ergebnis der Untersuchung der mittlere Fehler der Einzelmessung errechnen, d. h. die Genauigkeit, die das luftphotogrammetrische Meßverfahren bei Benutzung des Stereoplanigraphen tatsächlich ergibt:

$$\begin{array}{lll} [dX^2] = 340,80 & [dY^2] = 420,25 & [dZ^2] = 378,02 \\ \underline{m_x = \pm 9,4 \text{ cm}} & \underline{m_y = \pm 10,4 \text{ cm}} & \underline{m_z = \pm 9,9 \text{ cm}} \end{array}$$

oder im Auswertemaßstab:  $\pm 0,058 \text{ mm}$                        $\pm 0,042 \text{ mm}$                        $\pm 0,059 \text{ mm}$

Da sich die Untersuchung über eine große Zahl von Messungen — 193 Punkte — erstreckt, so müssen sich, wenn keine groben oder systematischen Fehler vorliegen, für das Auftreten von Maximalfehlern und für die Häufigkeit von vorkommenden Beobachtungsfehlern bestimmter Größe an Hand der Fehlerverteilungsgesetze bestimmte Zahlenverhältnisse ergeben. Im folgenden seien diese Zusammenhänge noch kurz gestreift.

Für die Häufigkeit, mit der ein Fehler bestimmter Größe innerhalb einer Beobachtungsreihe vorkommt, werden die Grenzen als Vielfache des mittleren Fehlers der Beobachtungsreihe gewählt. So hat Jordan<sup>4</sup> eine Tafel berechnet für die „Wahrscheinlichkeit für das Fallen eines (Beobachtungs-)Fehlers zwischen die Grenzen Null und den n-fachen mittleren Fehler“. In der Tabelle Seite 64 sind nun nicht die Beobachtungsfehler selbst, sondern die Differenzen von Doppelbeobachtungen zusammengestellt. Berechnen

wir uns nach der Formel  $m = \frac{d}{\sqrt{2}}$  die Differenzen d, die einem m von der Größe des

<sup>4</sup> Handbuch d. Verm.-Kunde Bd. 1, Tafel [21]

1-, 2-, 3fachen mittleren Fehlers von X, Y, Z entsprechen, so erhalten wir für unsere Verhältnisse folgende kleine Tabelle für die d-Werte, für die bei vorliegenden „Differenzen von Doppelbeobachtungen“ die Jordansche Tafel gültig ist:

n-fache mittl. Differenz	dX (cm)	dY (cm)	dZ (cm)
1	13,3	14,7	14,0
2	26,6	29,4	28,0
3	39,9	44,0	42,0

Zählt man nun die Zahl der Differenzen ab, die gerade bis zu der in der Tabelle für die d-Werte angegebenen Größenordnung gehen (absolut), so ergibt sich

	für n = 1			für n = 2		
	Anzahl	%	Theoret. „Sollwert“	Anzahl	%	Theoret. „Sollwert“
dX	136	70,5	68,3%	185	95,9	95,5%
dY	133	68,9		187	96,8	
dZ	129	66,9		189	97,9	
Mittel	132,7	68,76		187	96,86	

Die ausgezeichnete Uebereinstimmung der abgezählten Werte mit den theoretischen Zahlen beweist, daß die Untersuchung durch keine systematischen Fehler beeinflusst ist, und daß die Ergebnisse, die sich hier auf einer großen Beobachtungsreihe aufbauen, kein Zufallsresultat darstellen.

Für die Größe des Maximal-Beobachtungsfehlers endlich nimmt Jordan den dreifachen mittleren Fehler an, für dessen Häufigkeit nach seiner Tafel der Wert 0,27 Prozent angegeben ist. Nach der Tabelle für die d-Werte würden sich die Maximal-Differenzen für dX zu 39,9 cm, für dY zu 44 cm und für dZ zu 42 cm ergeben. In der Tabelle der Koordinatendifferenzen finden wir für dX keinen derartigen Maximalwert; der größte vorkommende Wert ist dort 35 cm (Punkt Nr.170). Für dY ist ein Maximalwert vorhanden, und zwar von der Größe von 51 cm (Punkt Nr. 48); ebenso tritt bei dZ ein solcher Wert auf, 45 cm (Punkt Nr. 296). Wir bekämen damit für den Maximalfehler die Prozentzahlen

	Anzahl	%	„Sollwert“
dX	0	0	0,27%
dY	1	0,52	
dZ	1	0,52	
Mittel	0,66	0,34	

Bei der Auswertung im Stereoplanigraphen wurde im Koordinatenverzeichnis noch für jeden Punkt die Sichtbarkeit und Einstellgüte vermerkt. Dort findet man, daß Punkt Nr. 170 mit Klasse 4 gekennzeichnet ist (Klasse 4 = Markstein durch überhängende Büsche verdeckt oder verwischtes Kalkkreuz). Bei Punkt 296, der die Maximaldifferenz für Z aufweist, steht die Bemerkung: „Klasse 4, Büsche erschweren Höheneinstellung.“ Dagegen ist Punkt Nr. 48 als Punkt 1. Klasse angegeben. Während also für die beiden größten vorkommenden Fehler in X und Z eine Erklärung in der Sichtbarkeit gegeben ist, dürfte die bei Punkt Nr. 48 auftretende außergewöhnlich große Y-Differenz vielleicht auf einem Ablese- oder örtlich auftretenden unregelmäßigen Filmschrumpungsfehler beruhen.

### Zusammenfassende Beurteilung.

Um die tatsächliche Instrumentenleistung festzustellen, wurden bei dieser Untersuchung bewußt nur eindeutig definierte Punkte erfaßt, also nicht irgendwelche Geländeinheiten, wie Feldecken, Straßenkreuzungen usw., die ja keine „Punktlage“ in unserem Sinne aufweisen, sondern im Bilde sowohl als auch bei einer Feldaufnahme vom Vermessungsingenieur stets nach Gutdünken angenommen werden. Solche bei Kartierung der Situation auftretende Schätzungsfehler interessieren allenfalls bei Beurteilung einer Karte allgemein, nicht aber bei der Beurteilung der Aufnahmemethode und ihrer Genauigkeit. Im übrigen kann wohl gesagt werden, daß die „Punktschätzung“ aus dem Bilde heraus infolge der besseren Uebersicht — z. B. wie zwei Feldgrenzen zusammenlaufen — genauer ist als die Bestimmung an Ort und Stelle.

Der bei der Auswertung sich nun ergebende mittlere Fehler der Einzelpunkte von rund  $\pm 10$  cm stellt die Summe aller Einzelfehler dar, die das ganze Verfahren von der Aufnahme bis zum Koordinatenverzeichnis einschließlich der subjektiven Beobachtungs- und Ablesefehler in sich trägt. Dieser Fehler ist hier bereits so klein, daß eine genaue Trennung nach einzelnen Fehlerquellen nicht mehr angebracht erscheint. Trotzdem lassen sich aus diesen praktischen Ergebnissen heraus für die beiden Hauptfehlerinflüsse, die von Film und Instrument herrühren, Abgrenzungen nach oben hin angeben.

Der mittlere Punktfehler beträgt linear im Auswertemaßstab 0,04 mm. Ein Teil dieses Fehlers wird auf mechanische Einflüsse des Auswerte-Instrumentes zurückzuführen sein: kleine Abweichungen im Kreuzschlittensystem, im Vorsatzsystem, Teilungsfehler in den x-, y- und z-Maßstäben. Ein anderer Teil ist der Verschiedenheit der verwendeten Optik zuzuschreiben. Den Hauptteil werden aber die Fehler ausmachen, die durch das Auflösungsvermögen der photographischen Emulsion und durch unregelmäßige Filmschrumpfung hervorgerufen sind. Damit im Zusammenhang stehen vielleicht noch Restfehler der Orientierung, die in erster Linie Verbiegungen des Raummodells, also Höhenfehler, bedingen. Würde man den ganzen Fehler nicht dem Instrument, sondern dem Film zuschreiben, so ergäbe sich ein „Gesamtfilmfehler“ von  $\pm 0,029$  mm (Bildmaßstab 1:3500). Es scheint aber gerechtfertigt, wenn man den Gesamtfehler im Verhältnis 1:1 verteilt auf Film und Instrument. Dies gibt dann einen linearen Filmfehler von  $0,020$  mm<sup>5</sup>. Für den Fehler, der dem Instrument einschließlich der Optik zukäme, würde man dabei  $0,028$  mm erhalten (Maschinenmaßstab 1:2500). Dieses Resultat stellt der mechanischen und optischen Leistung des Stereoplanigraphen ein ganz hervorragendes Zeugnis aus. Die Stabilität und Ausgeglichenheit des Instrumentes zeigten sich bei dieser Arbeit auch daran, daß nach vierwöchigem, unbenutztem Stehen ein erneutes Einstellen von Punkten dieselben Ablesungen (auf etwa  $1/100$  mm) ergab wie bei der Auswertung selbst.

Besonders bemerkenswert ist hier übrigens, daß sich die Aufnahmen, obwohl sie mit einer Brennweite von 21 cm aus nur 700 m Höhe gemacht wurden, trotz einer Belichtungszeit von  $1/100$  Sekunde ausgezeichnet scharf erwiesen. Bei der starken Vergrößerung im Stereoplanigraphen waren Grenzsteine von 15 bis 20 cm Durchmesser noch vollkommen deutlich zu erkennen.

Betrachtet man das Ergebnis hinsichtlich der Genauigkeitsansprüche, die von amtlichen Stellen aus an Katastervermessungen gestellt werden, so zeigt sich, daß bei Verwendung entsprechender Geräte die Genauigkeit der Luftbildvermessung bereits innerhalb dieser Fehlergrenzen liegt, auch wenn man, wie es bei den üblichen Fehlertabellen für Kleinmessungen oft geschieht, nicht Koordinaten-, sondern Streckenfehler betrachtet. Für den mittleren Streckenfehler ergibt sich in unserem Falle nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz  $\pm 14$  cm. Während sich dort die Fehlergrenzen je nach der Geländeklasse und der Länge der gemessenen Strecke beträchtlich verschieben, z. B. bei Streckenlängen von 200 m in Geländeklasse 5 im Durchschnitt bereits 45 cm betragen, ist hier bei der photogrammetrischen Vermessung der mittlere Fehler einer Streckenmessung ohne Rücksicht auf Geländeklassen über den gesamten Auswertebereich, in unserem Falle bis zu Längen von 700 m, vollkommen gleichmäßig.

Anläßlich der Maßstabsbestimmung im Stereoplanigraphen war festgestellt worden, daß die Lage eines bestimmten, gegebenen Paßpunktes einen Fehler von etwa 50 cm aufweisen müsse. Die nachträgliche, örtliche Feststellung ergab, daß der betreffende Grenzstein herausgepflügt und um 42 cm versetzt worden war. Dies zeigt, daß die photogrammetrische Vermessungsmethode sehr wohl in der Lage ist, Katasterpunkte hinsichtlich ihrer richtigen Lage zu kontrollieren.

<sup>5</sup> Dieser Filmfehler stimmt recht gut überein mit den Ergebnissen, die O. Lacmann und Walter Block festgestellt haben in der Untersuchung „Die Form- und Größenänderungen von Spezialfilmen für Meßzwecke“ (355. Bericht der DVL).

## Verzeichnis der signalisierten Punkte und Tabelle der Koordinatendifferenzen.

Pkt. Nr.	dX (dm)	dY (dm)	dZ (dm)	Pkt. Nr.	dX (dm)	dY (dm)	dZ (dm)	Pkt. Nr.	dX (dm)	dY (dm)	dZ (dm)
1	-0,8	+0,9	-1,1	50	+1,8	-3,3	+1,3	108	-2,4	+1,5	+1,9
2	-0,8	+0,0	+1,3	51	+2,5	-1,9	+0,4	109	-0,2	+1,5	+2,0
3	+0,1	-0,8	-0,5	52	+1,6	-2,5	+0,3	110	+0,1	+0,9	+0,9
4	+0,7	-0,2	+0,4	53	-0,3	-0,7	-0,2	111	+0,5	+1,3	+1,6
5	-1,1	-0,9	+0,1	54	+0,7	-0,7	+0,4	112	+0,3	+1,4	+1,0
6	-0,4	+0,2	+2,6	55	-2,5	-0,4	+2,5	113	+0,6	+1,3	+2,0
7	-0,9	-0,3	+1,7	56	-1,1	-0,9	+0,9	114	+1,2	+2,2	-0,2
8	+1,2	+0,7	+1,9	57	+0,8	-1,8	-0,4	115	-0,6	+1,9	+1,2
9	+1,8	+0,5	+3,5	58	+1,6	-2,7	+0,4	116	-1,9	+1,7	+1,9
10	-3,0	-0,2	-0,6	59	+2,2	-1,5	+0,4	117	-1,4	+0,5	+1,7
11	+0,5	+0,3	+1,8	60	+1,6	-3,8	+0,4	118	-0,2	+0,6	-1,1
12	-0,2	-0,5	+0,4	61	-1,9	-2,8	-0,9	119	+1,0	+0,4	-1,7
13	-0,2	+0,4	+0,7	62	+2,5	-1,7	-1,9	120	+0,9	+2,3	-1,4
13'	-1,1	+0,2	+0,8	63	+0,7	-2,2	-1,5	120'	+1,2	+1,0	-0,4
14	-1,2	-0,3	+0,2	64	+0,6	+0,2	+1,8	121	+1,0	+2,0	+1,0
14'	-1,0	-1,3	+0,7	65	-0,6	+0,4	+0,4	122	+0,8	+1,4	+0,6
15	+0,2	+0,3	+1,2	66	+2,2	-0,2	+1,8	123	+0,6	+1,6	-0,2
16	+0,1	+0,3	+0,5	67	+1,1	+1,4	+1,3	124	-0,3	-0,1	+0,9
17	+0,1	+1,2	+0,7	68	-0,3	+2,0	+1,7	125	-0,3	-0,3	+1,8
18	+1,0	+0,8	-0,3	69	-0,5	+1,0	+1,8	126	+1,3	+0,8	-1,3
18'	-2,2	-0,6	-0,1	70	+0,1	+0,8	+0,1	127	+1,3	+1,5	-0,7
19	+0,5	+1,6	+0,5	71	+0,0	+0,0	+2,3	128	+2,1	+1,5	-1,0
20	+0,4	+1,5	+1,3	73	+2,2	+0,9	+2,1	129	+0,8	+1,2	-0,3
21	+0,9	+1,6	-0,3	74	+1,4	+1,0	+1,7	130	-1,6	+0,1	-0,6
22	+0,9	+1,6	+1,2	75	+0,3	+0,7	-0,3	131	-0,4	-0,1	-1,5
22'	-1,6	-1,5	+2,3	76	+0,3	-1,1	+0,9	132	+0,1	+0,3	-2,6
23	+0,9	+0,3	+0,8	77	-0,6	-0,6	-1,2	133	+0,1	+0,0	-1,3
23'	+1,5	+0,8	+1,6	78	+1,0	+0,6	+0,4	134	+0,7	+0,4	+0,2
24	-0,3	+0,1	+0,6	79	-0,4	-0,4	-1,1	135	+2,0	+0,4	-1,1
25	+1,4	+0,5	+1,4	80	-0,2	-1,0	-0,4	136	+1,7	+1,1	+0,0
25'	+0,9	+2,1	+1,4	81	-0,2	-1,0	+0,9	137	-0,6	+1,1	-0,9
26	+0,6	+0,2	-1,6	82	+0,5	-1,4	+1,3	138	+1,5	+0,8	-2,1
27	+1,3	-1,0	+0,7	83	-0,1	-0,2	+1,7	139	+1,2	-1,2	-1,3
27'	-0,6	-0,6	+1,7	84	-0,2	+0,0	+3,6	140	+0,3	-2,3	-0,4
28	+0,6	+0,5	-1,2	85	-0,2	+0,2	+2,3	141	-0,4	-2,6	-1,0
28'	-1,3	-3,9	+1,7	87	-0,3	-0,5	-0,5	142	+1,3	-2,3	+0,6
29	+0,5	-0,9	+0,0	88	-0,8	-1,1	+1,7	143	+1,0	-2,7	+2,2
29'	+3,0	+1,1	-0,9	89	-1,1	-2,1	+0,5	144	+1,7	-2,7	+1,0
30	+1,0	+0,3	-1,0	90	-1,1	-1,4	-0,6	145	+2,2	-2,2	+0,6
31	+0,8	+0,7	+2,0	91	-1,8	-2,6	+0,0	146	+1,0	-2,3	+2,2
32	+1,5	+1,3	+3,1	92	-0,7	-1,5	+0,4	147	+1,9	-1,4	+0,2
33	+1,1	+1,5	+1,2	93	-0,4	-0,9	+1,8	148	+1,5	-1,1	+1,0
34	-0,2	+1,2	+1,3	94	+0,5	-1,3	+1,3	149	+1,3	-1,1	-0,2
35	+0,6	-0,2	+0,7	95	-0,4	-2,5	-0,7	150	+2,4	+1,1	-0,9
35'	-0,4	+0,8	+2,3	96	-0,4	-1,9	+2,6	151	+1,1	-0,6	-0,4
36	+0,5	+1,0	+2,2	97	+0,3	-0,6	+1,0	152	+0,8	+0,2	-0,6
37	+0,8	+1,8	+0,0	98	-1,7	-1,9	+1,1	153	+2,9	+2,8	-1,1
38	+0,8	+1,7	+2,2	99	-2,2	-1,8	+1,4	154	+0,7	+1,0	-0,1
39	-0,4	+0,2	+1,5	99'	-1,9	-2,0	-0,7	155	+3,1	+2,4	-2,3
40	+0,1	+1,2	+2,3	100	-1,3	-2,2	+2,6	156	+2,0	+0,2	-0,8
41	+0,9	+0,5	-0,2	101	-0,8	-1,5	+0,3	157	+3,2	+2,5	+0,1
42	+1,0	+1,6	-1,5	102	-0,8	-1,4	+2,0	158	+0,2	-0,4	-1,4
44	-0,3	+0,1	+2,3	103	-1,3	-1,9	+0,5	159	+2,9	+2,3	-0,4
45	+3,1	+0,7	+2,1	103'	-1,6	-0,6	+1,5	160	+0,0	+1,2	-2,7
46	+0,1	-3,6	+1,4	104	-0,8	-1,4	+2,3	161	+1,5	+1,3	-0,2
47	+0,5	-1,7	+1,8	105	+0,3	-0,4	+1,8	162	+1,8	+0,5	-1,7
48	+1,8	-5,1	+0,5	106	-2,1	-1,2	+0,9	163	+2,8	+0,6	+0,5
49	+1,0	-3,8	-1,0	107	-1,3	+0,5	+0,5	164	+2,6	+2,3	-0,7

but the ...  
 sind ...  
 ...

Pkt. Nr.	dX (dm)	dY (dm)	dZ (dm)	Pkt. Nr.	dX (dm)	dY (dm)	dZ (dm)	Pkt. Nr.	dX (dm)	dY (dm)	dZ (dm)
165	+ 0,6	+ 1,8	- 0,1	172	+ 2,2	+ 2,0	- 1,0	296	- 0,8	- 0,1	+ 4,3
166	+ 1,4	+ 2,9	+ 0,2	173	- 0,8	$\pm$ 0,0	- 0,7	755	+ 0,6	- 0,4	+ 1,5
167	- 2,4	+ 0,5	+ 0,2	174	+ 0,8	+ 1,2	+ 1,2	769	+ 0,2	+ 0,4	- 0,3
168	- 1,6	+ 0,7	- 0,4	175	- 2,6	+ 1,6	+ 1,0	787	+ 1,3	- 1,1	+ 1,3
169	+ 0,1	+ 1,6	+ 0,1	176	- 0,7	+ 1,7	+ 1,3	789	+ 0,2	+ 1,0	+ 2,4
170	+ 3,3	- 0,4	- 0,1	177	- 2,3	- 0,6	+ 0,7				
171	+ 1,1	- 0,9	- 2,2	295	+ 0,5	$\pm$ 0,0	+ 2,6				

### Die ersten Versuche mit der optischen Pyramide

Von P. Gast, Hannover.

Die in dieser Zeitschrift 1954 Nr. 1 beschriebene und abgebildete optische Pyramide wurde in ihrem (vorläufig behelfsmäßigen) Zustande zu einigen Versuchsmessungen benutzt, über die hier berichtet wird.

Den Versuchen lag folgende Annahme zugrunde (Abb. 1): Zwei parallele Reihen gleichabständiger Punkte in einer horizontalen Ebene werden so überflogen, daß die Kammerachse im Augenblick der Aufnahme jedesmal genau lotrecht, die Verkantung genau Null ist, und daß die Fluglinie in die Gerade fällt, die jene beiden parallelen Punktreihen halbiert. Die Lage der Punkte in der horizontalen Ebene wird auf ein

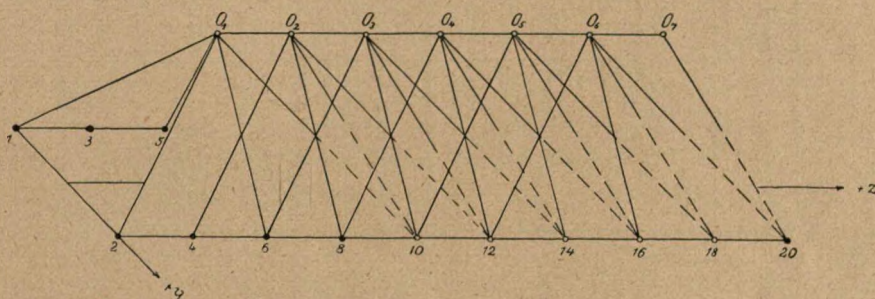


Abb. 1. Schema einer Raumtriangulation

yz-System bezogen, dessen z-Achse den Punktreihen parallel läuft. Die Bildweite der Kammer ist  $f = 199,25$  mm; das Bildformat  $20 \times 20$  cm; die Flughöhe  $H_0 = 2000$  m. Aus den Abmessungen der optischen Pyramide folgt, daß es in diesem Falle zweckmäßig ist, die Bildkoordinaten (also auch die Bildweite!) zu verdoppeln und gemäß diesen verdoppelten Zahlen die Signale am Koordinatenträger des Geräts einzustellen. Der Auswertemaßstab, d. i. „verdoppelte Bildweite : Flughöhe“, wird  $0,3985 : 2000 = 1 : 5000$ . In diesem Verhältnis sind also die Koordinaten und Höhen der gegebenen (und der neu-bestimmten) Punkte zu verkleinern, um sie auf den Auswerterraum zu beziehen.

Erster Versuch (Abb. 3) (Vorwärtsschneiden nach „innen“).

Es liegen zwei Aufnahmen in  $O_1$  und  $O_2$  vor. Im ersten Bild sind die gegebenen Punkte 1 2 9 10, die gesuchten Punkte 5 6 7 8 abgebildet, im zweiten Bild die gegebenen Punkte 3 4 11 12 und die gesuchten Punkte 5 6 7 8.

Man übersieht leicht, daß unter den vorerwähnten Annahmen die Bildfiguren kongruent sind den Gegenstandsfiguren, sofern diese aus gegebenen Punkten gebildet werden. Diese besonderen Annahmen beeinträchtigen in keiner Weise die Beweiskraft des Versuchs für die Genauigkeit des Geräts; sie werden lediglich gemacht, um die Berechnung der Vorwärtsschnitte (die nicht Sache der optischen Pyramide ist) abzukürzen.

Der Versuch selbst verlief folgendermaßen: Nachdem die Nullpunkte der Skalen des justierten Geräts bestimmt waren (die Beschreibung dieses Vorgangs wird bei anderer Gelegenheit nachgeholt werden), wurde der Mittelpunkt des Theodolits in den optischen Hauptpunkt der Aufnahme des ersten Bildes gebracht, die Bildkoordinaten der vier gegebenen Punkte 1, 2, 9, 10 mittels der vier Signalträger dargestellt und die optische Pyramide über ihnen mit Hilfe der Objektivspiegel errichtet. Alle vier Sterne

Bildkoordinaten (zweifach vergrößert) (Millimeter)				
Punkt Nr.	1. Bild		2. Bild	
	$\eta$	$\xi$	$\eta$	$\xi$
1	- 400.00	- 400.00		
2	+ 400.00	- 400.00		
3	- 400.00	- 200.00	- 400.00	- 400.00
4	+ 400.00	- 200.00	+ 400.00	- 400.00
5	- 400.00	0.00	- 400.00	- 200.00
6	+ 400.00	0.00	+ 400.00	- 200.00
7	- 400.00	+ 200.00	- 400.00	0.00
8	+ 400.00	+ 200.00	+ 400.00	0.00
9	- 400.00	+ 400.00	- 400.00	+ 200.00
10	+ 400.00	+ 400.00	+ 400.00	+ 200.00
11			- 400.00	+ 400.00
12			+ 400.00	+ 400.00

Raumkoordinaten (im Auswertemaßstab 1:5000 verkleinert) (Millimeter)							
Punkt Nr.	y	z	h	Punkt Nr.	y	z	h
1	- 100.00	0.00	0	7			
2	+ 700.00	0.00	0	8			
3	- 100.00	+ 200.00	0	9	- 100.00	+ 800.00	0
4	+ 700.00	+ 200.00	0	10	+ 700.00	+ 800.00	0
5				11	- 100.00	+ 1000.00	0
6				12	+ 700.00	+ 1000.00	0

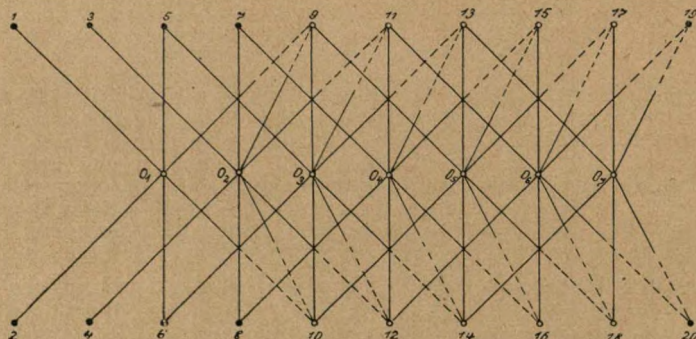


Abb. 2. Grundriß einer schematischen Raumtriangulation.

waren nunmehr im Fadenkreuz vereinigt. Alle Skalen der äußeren Orientierung wurden abgelesen. Hierauf wurden alle Einstellungen der vier Signalträger willkürlich verändert und danach, entsprechend den gegebenen Festpunktkoordinaten (die in diesem Sonderfall mit den vorher eingestellten Bildkoordinaten übereinstimmten), von neuem vollzogen. Jetzt wurden auch die Einstellungen an den Skalen der äußeren Orientierungen willkürlich verändert. Im Gesichtsfeld des Fernrohrs bildeten die vier einzelnen Sterne einen unregelmäßigen Punkthaufen. Hierauf erfolgte die Einpassung des Strahlenbündels der optischen Pyramide in das Festpunktviereck durch Wiedervereinigung der vier Sterne im Fadenkreuz. Schließlich wurden die Skalen der äußeren Orientierungen

abgelesen, woraus sich durch Vergleich mit den auf die Bildpyramide bezüglichen Ablesungen die Koordinaten des Aufnahmeorts  $O_1$  und die Orientierungswinkel  $\varphi, \omega, \chi$  unmittelbar ergaben. Die Einpassung in das Gegenstandsviereck wurde drei- bis viermal wiederholt; die Mittel der Ablesungen wurden als Ergebnis des Rückwärtsschnitts benutzt.

Genau so wurde mit der zweiten Aufnahme verfahren. So erhielt man die Komponenten der Standlinie  $x'_0-x_0, y'_0-y_0, z'_0-z_0$  und die Orientierungswinkel  $\varphi, \omega, \chi, \varphi', \omega', \chi'$  beider Aufnahmen. Der Versuch wurde viermal in völlig unabhängiger Weise wiederholt. Den Ergebnissen werden die von vier weiteren Einpassungen sogleich beigefügt, die zum unten behandelten zweiten Versuch gehören:

Rückwärtseinschnitte									
Ver- such Nr.	Basisstämme (Millimeter)			Orientierungswinkel (Minuten)					
	$x'_0-x_0$	$y'_0-y_0$	$z'_0-z_0$	$\varphi$	$\varphi'$	$\omega$	$\omega'$	$\chi$	$\chi'$
1	-0.03	0	200.00	+0.1	+0.8	+0.2	+0.2	-0.1	-0.7
2	-0.17	0	200.00	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	+0.6	+0.2
3	+0.15	0	199.95	+0.2	+0.4	0.0	+0.4	-0.2	+0.9
4	-0.07	0	199.97	+0.2	+0.3	+0.2	+0.1	+0.2	-0.1
5	+0.10	0	20.05	-0.2	+0.4	-0.5	+0.2	+0.5	-0.1
6	-0.07	0	200.16	+0.7	-0.7	-0.2	+0.2	-0.5	+0.1
7	+0.03	0	200.10	-0.2	+0.1	-0.2	+0.2	-0.3	+1.0
8	-0.13	0	200.00	-0.1	-0.5	-0.2	-0.5	+0.6	-0.3
Mittel	-0.02		200.03	+0.08	+0.08	-0.09	+0.08	+0.10	+0.13
Soll	0.00		200.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Die mittleren Fehler für eine Einpassung sind hiernach:

$$m_x = \pm 0.10 \text{ mm} \quad m_z = \pm 0.07 \text{ mm} \quad m_\varphi = \pm 0'.4 \quad m_\omega = \pm 0'.25 \quad m_\chi = \pm 0'.50$$

Obwohl die Arbeit der optischen Pyramide mit der Ausführung dieser Rückwärtseinschnitte streng genommen beendet ist, läßt sich ihre Brauchbarkeit doch erst beurteilen, wenn von den rückwärtseingeschnittenen Aufnahmeorten aus neue Paßpunkte

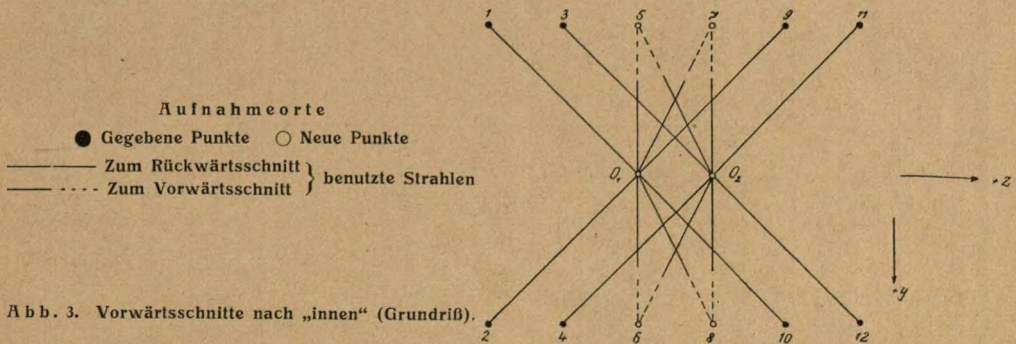


Abb. 3. Vorwärtsschnitte nach „innen“ (Grundriß).

vorwärtseingeschnitten werden und die Wirkung der Orientierungsfehler der Pyramiden-Einpassungen auf diese Vorwärtsschnitte untersucht wird. Diese Untersuchung muß zweckmäßigerweise wirkliche Schnitte heranziehen und sich nicht mit der Aufstellung von Fehlerformeln begnügen. Demgemäß werden auf Grund der angenommenen Bildkoordinaten und der Einpassungen Nr. 1-4 die Punkte 5, 6, 7, 8 berechnet.

In meinen „Vorlesungen über Photogrammetrie“ (Leipzig 1931) finden sich für den Vorwärtsschnitt allgemeine Formeln in Determinantenform, die in dem hier vorliegenden Sonderfall eine sehr einfache Gestalt annehmen. Von den vier Bildkoordinaten  $\eta, \zeta, \eta', \zeta'$  jedes aus zwei orientierten Aufnahmen einzuschneidenden Punktes ist eine überschüssig.

Wenn festgesetzt wird, daß  $\eta$  und  $\zeta$  der ersten Aufnahme immer benutzt werden sollen, ergibt sich die Regel, daß von der zweiten Aufnahme  $\eta'$  ( $\zeta'$ ) zu benutzen ist, falls  $\eta - \eta'$  größer (kleiner) als  $\zeta - \zeta'$  ist. In unserem Fall ist  $\eta - \eta' = 0$ , weshalb  $\zeta'$  verwendet werden muß. Da hier  $x'_0 - x_0$ ,  $y'_0 - y_0$  und alle Orientierungswinkel klein und von der Ordnung der Beobachtungsfehler, leitet man aus den Formeln S. 58 und 40 a. a. O. leicht folgende Rechenformeln ab für die Koordinaten eines Neupunktes, bezogen auf die Koordinaten des ersten Aufnahmeorts:

$$\begin{aligned}
 x - x_0 &= -\frac{\zeta'}{\zeta - \zeta'} (x'_0 - x_0) + \left\{ \frac{f}{\zeta - \zeta'} - \frac{\eta \zeta'}{(\zeta - \zeta')^2} (\varphi - \varphi') - \frac{\eta}{\zeta - \zeta'} \varphi + \frac{f^2 + \zeta \zeta'}{(\zeta - \zeta')^2} (\omega - \omega') \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\zeta}{\zeta - \zeta'} \omega + \frac{\zeta'}{\zeta - \zeta'} \omega' + \frac{f \eta'}{(\zeta - \zeta')^2} (\kappa - \kappa') \right\} (z'_0 - z_0) \\
 y - y_0 &= -\frac{\eta \zeta'}{f(\zeta - \zeta')} (x'_0 - x_0) + \left\{ \frac{\eta}{\zeta - \zeta'} - \frac{\eta^2 \zeta'}{f(\zeta - \zeta')^2} (\varphi - \varphi') + \frac{f}{\zeta - \zeta'} \varphi + \frac{(f^2 + \zeta \zeta') \eta}{f(\zeta - \zeta')^2} (\omega - \omega') \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\eta \zeta'}{f(\zeta - \zeta')} \omega' + \frac{\eta^2}{(\zeta - \zeta')^2} (\kappa - \kappa') + \frac{\zeta}{\zeta - \zeta'} \kappa \right\} (z'_0 - z_0) \\
 z - z_0 &= -\frac{\zeta \zeta'}{f(\zeta - \zeta')} (x'_0 - x_0) + \left\{ \frac{\zeta}{\zeta - \zeta'} - \frac{\eta \zeta \zeta'}{f(\zeta - \zeta')^2} (\varphi - \varphi') + \frac{(f^2 + \zeta \zeta') \zeta}{f(\zeta - \zeta')^2} (\omega - \omega') - \frac{f}{\zeta - \zeta'} \omega \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\zeta \zeta'}{f(\zeta - \zeta')} \omega' + \frac{\eta \zeta}{(\zeta - \zeta')^2} (\kappa - \kappa') - \frac{\eta}{\zeta - \zeta'} \kappa \right\} (z'_0 - z_0)
 \end{aligned}$$

Daß der Basisstamm ( $y'_0 - y_0$ ) in den Formeln nicht auftreten kann, läßt sich unmittelbar geometrisch einsehen. Durch die Bildkoordinaten  $\eta$  und  $\zeta$  in der ersten Aufnahme wird nämlich ein Raumstrahl als geometrischer Ort des einzuschneidenden Punktes festgelegt. Ein zweiter geometrischer Ort ist die Ebene, die durch die Bildgerade  $\zeta'$  der zweiten Aufnahme und den Aufnahmeort  $O_2$  bestimmt ist. Diese Ebene würde unter den besonderen, hier gemachten Voraussetzungen (insbesondere auch wegen

Vorwärtsschnitte und ihre Fehler (innere Schnitte).								
Punkt Nr.	5		6		7		8	
	$x - x_0$	$\varepsilon$	$x - x_0$	$\varepsilon$	$x - x_0$	$\varepsilon$	$x - x_0$	$\varepsilon$
	398.47	+ 0.03	398.53	- 0.03	398.49	+ 0.01	398.64	- 0.14
	.27	+ 0.23	.50	0	.44	+ 0.06	.65	- 0.15
	.73	- 0.23	.12	+ 0.38	.58	- 0.08	.02	+ 0.48
	.41	+ 0.09	.41	+ 0.09	.41	+ 0.09	.53	- 0.03
	Mittel	.47		.39		.48		.46
Soll	.50		.50		.50		.50	
	$y - y_0$	$\varepsilon$	$y - y_0$	$\varepsilon$	$y - y_0$	$\varepsilon$	$y - y_0$	$\varepsilon$
	400.06	- 0.06	400.25	- 0.25	399.84	+ 0.16	400.14	- 0.14
	.24	- 0.24	.29	- 0.29	9.93	+ 0.07	.16	- 0.16
	.17	- 0.17	399.42	+ 0.58	400.05	- 0.05	399.56	+ 0.44
	.06	- 0.06	400.13	- 0.13	399.87	+ 0.13	400.08	- 0.08
	Mittel	.11	400.02		399.92		399.99	
	Soll	.00	.00		400.00		400.00	
	$z - z_0$	$\varepsilon$	$z - z_0$	$\varepsilon$	$z - z_0$	$\varepsilon$	$z - z_0$	$\varepsilon$
	199.97	+ 0.03	199.99	+ 0.01	199.89	+ 0.11	200.05	- 0.05
	200.07	- 0.07	9.93	+ 0.07	200.05	- 0.05	0.00	0.00
	199.98	+ 0.02	200.03	- 0.03	199.95	+ 0.05	199.84	+ 0.16
	200.00	0.00	199.95	- 0.05	.91	+ 0.09	.97	+ 0.03
	Mittel	200.00	199.97	199.96	199.97	199.96	199.97	
	Soll	.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	



$z' = 0$ ) durch eine Verschiebung von  $O_2$  infolge einer Veränderung des Basisstammes ( $y_0 - y_0$ ) lediglich in sich selbst bewegt werden, so daß ihr Schnitt mit dem von  $O_1$  ausgehenden Raumstrahl unverändert derselbe bliebe.

Setzt man in vorstehende Formeln die Zahlenwerte ein, die für unsere Punkte 7 und 8 gelten, nämlich

$$\eta = \mp 400.0 \quad \jmath = +200.0 \quad \jmath' = 0 \quad f = 398.50$$

erhält man

$$\begin{aligned} x - x_0 &= \left\{ 1.99250 \pm 2\varphi + 5\omega - 4\omega' \mp 4(\kappa - \kappa') \right\} (z'_0 - z_0) \\ y - y_0 &= \left\{ \mp 2.00000 + 2\varphi \mp 4(\omega - \omega') + 5\kappa - 4\kappa' \right\} (z'_0 - z_0) \\ z - z_0 &= \left\{ 1.00000 - 2\omega' \pm 2\kappa' \right\} (z'_0 - z_0) \end{aligned}$$

Dieselben Formeln gelten sinngemäß für die Punkte 6 und 5, wenn man  $O_1$  als den zweiten,  $O_2$  als den ersten Aufnahmeort behandelt und die Vorzeichen richtig ansetzt.

Betrachtet man alle Koordinaten als gleich genau, was nicht ganz berechtigt ist, erhält man als mittleren Fehler einer Einpassung

$$m = \pm 0.18 \text{ mm}$$

also als mittleren Fehler des Mittels aus vier Einpassungen

$$m_4 = \pm 0.09 \text{ mm.}$$

(Aus den Fehlern der Mittel ergibt sich  $m_4 = \pm 0.06 \text{ mm.}$ )

Für das Auswerten im Maßstab 1:5000 bedeutet dies, daß die aus vier Messungen hervorgehenden Raumkoordinaten eines Neupunktes mit einem mittleren Fehler von 0,5 m behaftet sind.

Zweiter Versuch (Abb. 2). Vorwärtseinschneiden nach außen behufs Ueberbrückung festpunktloser Räume.

Die gegebenen Punkte sind jetzt 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 sowie 19 und 20, die neu zu bestimmenden sind 9, 10, 11, 12...17, 18. Es liegen sieben Aufnahmen vor aus den Orten  $O_1 \dots O_7$ . Im übrigen gelten sinngemäß alle bisherigen Bezeichnungen und Beziehungen. Auch das Verfahren der Rückwärtsschnitte mittels der optischen Pyramide und die Berechnung der Vorwärtsschnitte nach den Formeln S. 68 entsprechen der vorangegangenen Beschreibung. Der zweite Versuch unterscheidet sich nur dadurch von dem ersten, daß bei den Rückwärtsschnitten von  $O_3$  an Punkte benutzt werden, die zuvor neu bestimmt werden mußten. Die Koordinaten dieser Punkte werden mittels der Signalträger mit den Zahlen eingestellt, die aus der Berechnung des Vorwärtsschnittes hervorgehen. Es sind dies also in diesem Falle Zahlen, die um kleine Beträge von den runden Sollbeträgen abweichen, mit anderen Worten: die bei den Einpassungen mittels der optischen Pyramide begangenen Fehler werden auf die folgenden Einpassungen übertragen und häufen sich allmählich an. Das Koordinaten-Verzeichnis S. 70 läßt aber erkennen, daß diese Anhäufung in engen Grenzen bleibt.

Die Schlußfehler der Raumdreieckskonstruktion über dem festpunktlosen Raum zwischen 7, 8 und 19, 20 ergeben sich durch Vergleichung der berechneten und der gegebenen Koordinaten von 19, 20. Die Widersprüche werden proportional auf die neuen Punkte verteilt. Die wahren Fehler  $\varepsilon$  der so verbesserten Koordinaten der Neupunkte werden zur Berechnung des mittleren Fehlers benutzt.

Es ergeben sich folgende Zahlen:

1. Schlußfehler einer Raumtriangulation von 1800 mm Erstreckung in Richtung z:

in y	in z	in Höhe	(Im Auswertemaßstab 1:5000)
+ 0.35	- 0.59	+ 0.47 mm	entspricht jedem Millimeter
- 0.36	- 0.25	+ 0.14 mm	eine Naturstrecke von 1 Meter)

2. Mittlerer Lagefehler eines Punktes ohne Rücksicht auf seine Entfernung von den Anschlußpunkten:

$$\begin{aligned} m_y &= \pm 0.25 & m_z &= \pm 0.22 & m_x &= \pm 0.26 \text{ mm} \\ &(\pm 0.25) & &(\pm 0.24) & &(\pm 0.25) \text{ mm} \end{aligned}$$

Die Fehleranhäufung ist so gering, daß, soweit die optische Pyramide in Betracht kommt, die Ueberbrückung des festpunktlosen Raumes noch viel weiter ausgedehnt werden könnte, ohne untragbare Fehler der Neupunkte zu erzeugen.

Die Raumkoordinaten der neuen Punkte und ihre Fehler.  
 Ueberbrückung des Raumes zwischen den Festpunktpaaren 9—10 und 19—20. Versuch A

Pkt.	y — y <sub>o</sub>			z — z <sub>o</sub>			Höhen		
	unverbessert	verbessert	ε	unverbessert	verbessert	ε	unverbessert	verbessert	ε
	(Millimeter)			(Millimeter)			(Millimeter)		
7		— 400.00			+ 600.00			10.00	
9	— 400.13	400.08	+ 0.08	800.13	800.07	— 0.07	9.96	+ 10.04	— 0.04
11	400.05	399.96	— 0.04	999.98	999.86	+ 0.14	9.97	10.13	— 0.13
13	399.89	399.73	— 0.27	1200.11	1199.92	+ 0.08	10.20	10.44	— 0.44
15	399.69	399.48	— 0.52	1399.77	1399.52	+ 0.48	10.25	10.57	— 0.57
17	400.30	400.03	+ 0.03	1600.29	1599.97	+ 0.03	9.73	10.13	— 0.13
19	400.33 (+ 0.33)	— 400.00		1800.39 (— 0.39)	+ 1800.00		9.53 (+ 0.47)	10.00	
8		+ 400.00			+ 600.00			10.00	
10	+ 400.03	399.97	+ 0.03	800.07	800.03	— 0.03	9.97	9.99	+ 0.01
12	400.09	399.97	+ 0.03	1000.07	999.99	+ 0.01	9.89	9.94	+ 0.06
14	399.84	399.66	+ 0.37	1199.86	1199.74	+ 0.26	10.14	10.21	— 0.21
16	399.87	399.63	+ 0.37	1399.79	1399.63	+ 0.37	10.20	10.29	— 0.29
18	400.18	399.88	+ 0.12	1600.19	1599.99	+ 0.01	9.79	9.91	+ 0.09
20	400.36 (— 0.36)	+ 400.00		1800.25 (— 0.25)	+ 1800.00		9.86 (+ 0.14)	10.00	
	Mittlerer Fehler		± 0.25			± 0.22			± 0.26

Die Raumkoordinaten der neuen Paßpunkte und ihre Fehler.  
 Ueberbrückung des Raumes zwischen den Festpunkten 9—10 und 29—30. Versuch B

Pkt.	y — y <sub>o</sub>			z — z <sub>o</sub>			Höhen		
	unverbessert	verbessert	ε	unverbessert	verbessert	ε	unverbessert	verbessert	ε
	(Millimeter)			(Millimeter)			(Millimeter)		
7		— 400.00			+ 600.00			+ 10.00	
9	— 400.24	400.24	+ 0.24	+ 800.20	800.20	— 0.20	9.80	9.80	+ 0.20
11	399.71	399.70	— 0.30	999.75	999.75	+ 0.25	10.25	10.25	— 0.25
13	400.21	400.20	+ 0.20	1200.18	1200.19	— 0.19	9.78	9.78	+ 0.22
15	400.20	400.18	+ 0.18	1400.28	1400.29	+ 0.29	9.78	9.78	+ 0.22
17	399.60	399.58	— 0.42	1599.66	1599.68	— 0.32	10.42	10.42	— 0.42
19	399.86	399.83	— 0.17	1799.88	1799.80	— 0.20	10.09	10.09	— 0.09
21	400.13	400.10	+ 0.10	2000.07	2000.09	+ 0.09	9.92	9.92	+ 0.08
23	399.90	399.86	— 0.14	2199.85	2199.88	— 0.12	10.09	10.09	— 0.09
25	400.09	400.05	+ 0.05	2399.94	2399.97	+ 0.03	9.93	9.93	+ 0.07
27	400.30	400.25	+ 0.25	2600.31	2600.35	— 0.35	9.65	9.65	+ 0.35
29	400.05	— 400.00		2799.96	+ 2800.00		10.10	+ 10.00	
8		+ 400.00			+ 600.00			+ 10.00	
10	+ 400.00	400.01	— 0.01	+ 800.09	800.09	— 0.09	10.01	10.00	0.00
12	399.83	399.85	+ 0.15	999.79	999.80	+ 0.20	10.21	10.20	— 0.20
14	400.01	400.03	— 0.03	1200.02	1200.03	— 0.03	9.97	9.96	+ 0.04
16	400.43	400.45	— 0.45	1400.37	1400.39	— 0.39	9.62	9.60	+ 0.40
18	399.64	399.67	+ 0.33	1599.59	1599.61	+ 0.39	10.45	10.43	— 0.43
20	400.07	400.10	— 0.10	1800.02	1800.04	— 0.04	9.95	9.93	+ 0.07
22	400.10	400.14	— 0.14	2000.18	2000.21	— 0.21	9.87	9.84	+ 0.16
24	399.92	399.96	+ 0.04	2199.97	2200.00	0.00	10.09	10.05	— 0.05
26	399.93	399.98	+ 0.02	2400.01	2400.04	— 0.04	9.98	9.94	+ 0.06
28	400.07	400.12	— 0.12	2600.10	2600.14	— 0.14	10.02	9.98	+ 0.02
30	399.94	+ 400.00		2799.96	+ 2800.00		10.05	+ 10.00	

Es ist eine andere Frage, welche Beträge die Schlufffehler zeigen, wenn in nicht fingierten Aufnahmen die Fehler der Bilder und ihrer inneren Orientierung mitwirken. Diese Frage berührt aber, wie wir schon oben einsahen, in keiner Weise die Genauigkeit der optischen Pyramide.

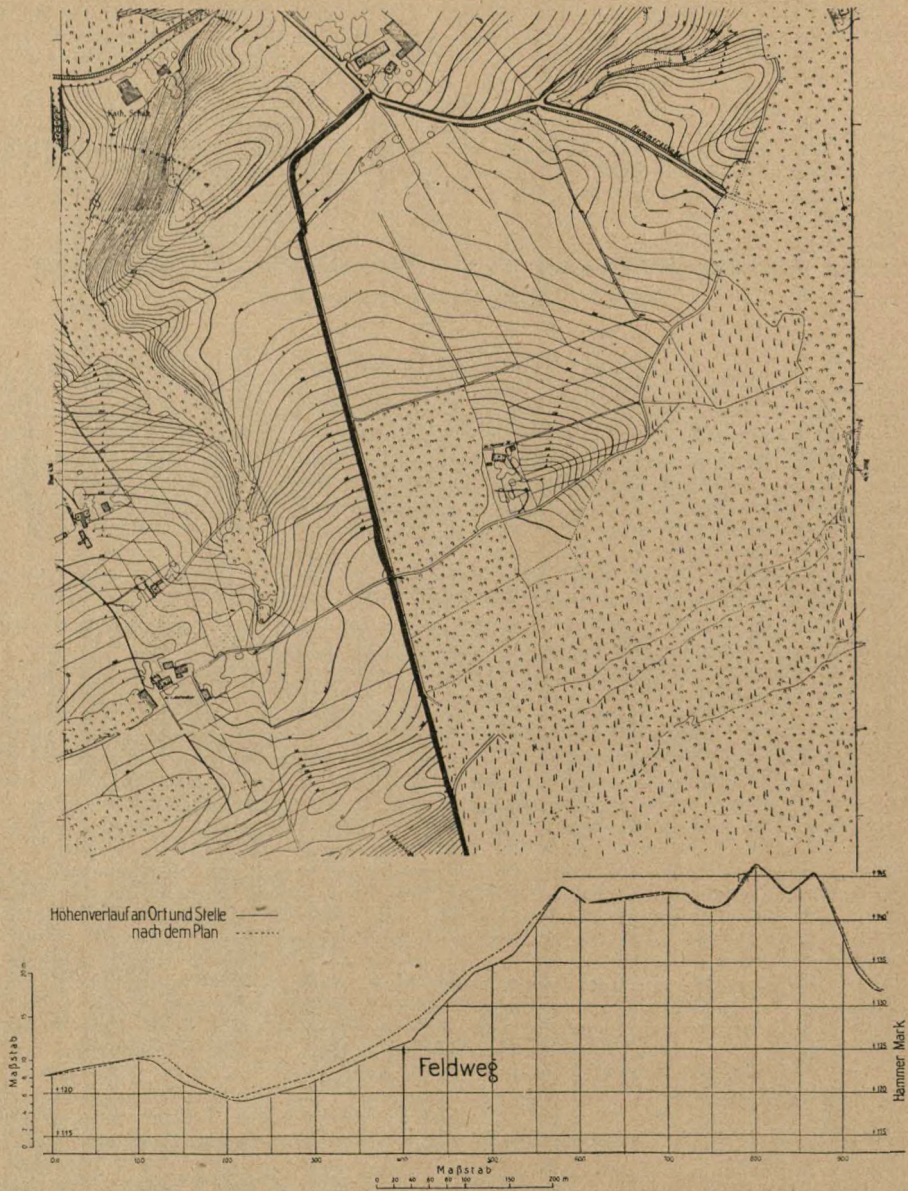
Später wurde ein zweiter Versuch der Raumüberbrückung gemacht (Versuch B), der die Punktreihen der Abb. 1 bis zum Punktpaar 29, 30 verlängerte. Die Gesamtlänge der Brücke war 2800 mm. Wie das hier abgedruckte Koordinatenverzeichnis lehrt, ergab sich die gleiche Genauigkeit wie im Versuch A. Die Fehlerhäufung ist in der längeren Brücke zufällig sogar geringer als in der kürzeren. Systematische Fehlereinflüsse sind nicht zu erkennen.

## Die Wirtschaftlichkeit des kommunalen Planwesens nach Luftbildaufnahmen

Von Dr. Sarnetzky, Essen.

Die Verwendung der Schräg- und Senkrechtaufnahmen bei der Stadtverwaltung Essen ist bereits als Vortrag auf der Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie zu Berlin am 28. Oktober 1952 und dann in der Zeitschrift „Bildmessung und Luftbildwesen“, Nr. 1/1953 S. 7 bis 10, behandelt worden. Da sich aber die Teilnehmer der Berliner Hauptversammlung in der Hauptsache aus Interessenten der östlichen Provinzen zusammengesetzt haben, ist es ratsam erschienen, diesen Vortrag mit einigen Ergänzungen auf der Essener Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie im Oktober 1953 zu wiederholen und die erweiterten Ausführungen zu veröffentlichen.

Das Planmaterial eines städtischen Vermessungsamtes kann in Strichzeichnungen und in reine Bildpläne unterschieden werden. Die Strichzeichnungen gliedern sich wieder in Pläne, die durch örtliche Messungen gewonnen werden, und in Auswertungen nach Luftbildaufnahmen. Die Auswertungen könnten unberücksichtigt bleiben, wenn es möglich wäre, die Neumessung nicht nur genau auszuführen, sondern auch schnell und zu erschwinglichen Kosten zu erhalten. Der Kostenfrage wird man aber bis auf weiteres nicht beipflichten können. Schon vor dem Kriege hat sie sich, wie die Denkschrift „Altes und neues Kataster von Essen-Borbeck“ von Katasterlandmesser Henn, Essen 1916, oder die Veröffentlichung über die Neumessung der Stadt Wuppertal-Elberfeld ausweisen, für jedes Quadratkilometer auf 10 000 M. belaufen. Vorkriegszeitliche Preise bedürfen heute aber eines Zuschlages von 55 $\frac{1}{3}$ %. Die Kostenhöhe einer Neumessung kann also mit mindestens 15 555 RM. in Ansatz gebracht werden. Für eine Reihe von Arbeiten genügen jedoch die Neumessungspläne nicht, sie bedürfen einer Vervollständigung durch Einzeichnung von Böschungen, Signaturen bei einzelnen Kulturarten, der Fußpfade, nichtöffentlichen Wege und vor allen Dingen der Meterhöhen-schichtlinien. Diese Arbeiten können wieder mit 5000 RM. je Quadratkilometer bewertet werden, so daß sich für Planungen gebrauchsfertige Pläne auf mindestens 16 555 RM. je Quadratkilometer stellen. Trotz der großen Genauigkeit machen also die Kosten die Ausführung einer Neumessung über große Gebiete unmöglich. Sie behält nur noch akademischen Wert und wird auf Einzelpläne kleinerer Gebiete für Fälle beschränkt, die eine Neumessungsgenauigkeit auch wirklich erfordern. Eine Reihe von Arbeiten beansprucht aber eine solche Genauigkeit nicht. Die Grundpläne für die Festlegung erster Ideen städtebaulicher und siedlungstechnischer Art, die Vorerhebungen bei Enteignungen und beim Grunderwerb sowie die Grundpläne für die Herstellung von Uebersichtsplänen aller Art, wie Stadtplänen, statistischen Plänen usw., begnügen sich mit einer geringeren Genauigkeit. Zweifellos sind hier Pläne nach tachymetrischen Aufnahmen am Platze. Ihre Herstellung erfordert eine Zeitdauer von 6 Monaten und einen Kostenaufwand von 6000 RM. je Quadratkilometer. Der Tiefstand unserer Wirtschaft läßt aber diese Herstellungszeiten und Preise auch nicht zu, nachdem in der Auswertung von Luftbildaufnahmen die Möglichkeit gegeben ist, noch wohlfeiler zu den notwendigen Plänen zu gelangen. Die Pläne nach Luftbildaufnahmen im Maßstabe 1 : 1000 mit Meterhöhen-schichtlinien bedürfen je Quadratkilometer einer Herstellungszeit von nur 3 Wochen und kosten 1620 RM. Von den zahlreichen Genauigkeitsuntersuchungen ist die Abbildung ein Beispiel. Entlang der dicken, schwarzen Linie im Lageplan sind die Meterhöhen-schichtlinien örtlich nivellistisch ermittelt und eingemessen worden. In dem Längenprofil ist der Höhenverlauf nach dem Lageplan punktiert übertragen, so daß sich die Fehler der Auswertung als Differenzen kenntlich machen. Während im kupierten Teil des Profils Fehler kaum wahrnehmbar sind, sieht man in dem mehr gleichmäßig abfallenden Teil größere Differenzen. Da hier beide Profillinien



ziemlich parallel, verlaufen, kann man daraus auf subjektive Irrungen des Auswerters schließen. Methodische oder instrumentelle Fehler würden sich mehr in einem zickzackartigen Verlauf kenntlich machen. Diese beschriebene Fehlerart zeigt sich häufiger bei aufgenommenen Profilen. Gut übereinstimmende Teile wechseln mit weniger befriedigenden Teilen ab. Ihre Differenzen erreichen aber niemals so große Ausmaße, daß sie für bauliche Planungen hinderlich wären. Die Genauigkeit der Lage ist im allgemeinen befriedigend, d. h. sie entspricht derjenigen tachymetrischer Aufnahmen. Bei der Stadtverwaltung Essen werden die Auswertungen der Luftaufnahmen bereits 3 Jahre gebraucht. Die Nachfrage nach diesen Plänen hält weiter an, so daß sie die

Brauchbarkeit bestätigt. Der Verfasser dieses Aufsatzes ist lediglich das Sprachrohr dieser Nachfrage.

Neben der stereoskopischen Betrachtungsmöglichkeit der Luftbildaufnahmen läßt sich aus ihnen auch der entzerrte Luftbildplan in verschiedenen Maßstäben herstellen. Die Praxis hat jedoch erwiesen, daß für eine Kommune jeder Luftbildplan als Endprodukt einer Luftbildaufnahme unwirtschaftlich ist. Er eignet sich lediglich zur Betrachtung, Eintragung feststehender Bauvorhaben und zur Ergänzung vorhandener Strichzeichnungen mit Lageeinzelheiten. Ist der Luftbildplan in einem größeren Maßstabe vorhanden, etwa 1 : 1000, so kann er auch bei Enteignungen und beim Festsetzungsverfahren gute Dienste leisten. Diese wenigen Benutzungsmöglichkeiten rechtfertigen aber nicht seinen Herstellungspreis. Anders verhält sich die Sache, wenn die Kommunen die Luftbildaufnahmen in erster Linie für die Herstellung von Strichzeichnungen im Maßstabe 1 : 1000 betreiben und dann die vorhandenen Aufnahmen noch dazu benutzen, um aus ihnen den entzerrten Luftbildplan im Maßstabe 1 : 5000 oder in einem noch größeren Maßstabe herzustellen. In diesem, aber auch nur in diesem einzigen Falle ist der entzerrte Luftbildplan als Nebenprodukt der Luftbildaufnahmen wirtschaftlich.

Schließlich muß noch einiges über seinen Maßstab gesagt werden. Der Maßstab 1 : 5000 ist für Kommunen eigentlich zu klein. Bei zersplittertem Grundbesitz lassen sich in die einzelnen Eigentumsstücke nicht einmal Name, Stand, Wohnort des Eigentümers usw. eintragen. Die Kommunen brauchen, da sie über verhältnismäßig kleine Gebietsflächen verfügen, und wegen ihrer eigenartigen Arbeiten Pläne in großem Maßstabe. Ein Plan im Maßstabe 1 : 5000 liegt nur im Interesse von Provinzen und größeren Verbänden, deren Aufgabenbearbeitung lange Strecken und große Gebiete beanspruchen.

Im Anschluß an diese Ausführungen setzte die nachfolgende Aussprache ein.

### Diskussion

An den Vortrag von Dr. Sarnetzky schloß sich eine lebhafte Diskussion, weil er bei den Vorführungen der Genauigkeitsuntersuchungen zum Teil sehr gute, zum Teil weniger befriedigende Ergebnisse bekanntgab.

Reg.-Rat Nowatzky stellte die Frage, ob nicht eine zu hohe Anforderung an die Genauigkeit der Schichtlinien das Verfahren unnötig verteuern würde.

Vermessungsdirektor Spelten bat um Angabe von Wegen und Mitteln, um die Fortführung und Ergänzung von Luftbildplänen durchführen zu können. Er erwähnte den Krefelder Exerzierplatz, der jetzt als Golfplatz verwendet wird.

Oberlandmesser Hellwig meinte, daß die Fehler in den Höhenangaben auch an der Bewachung liegen könnten, da z. B. das Korn in guten Jahren bis zu 2 m hoch stehen kann, so daß ebensogroße Fehler in die Auswertung eindringen müßten. Außerdem bemerkte er, daß die Höhen in den gezeigten Profilen in einem wesentlich größeren Maßstabe aufgetragen sind als die Längen, so daß sie mehr ins Auge fallen, als dies den Verhältnissen entspreche.

Prof. Mintrop (Breslau) führte etwa folgendes aus: Die Leistungen der Photogrammetrie sind, wie die Darlegungen der Redner gezeigt haben, außerordentlich hohe. Die Diskussion über die Differenzen zwischen aus photogrammetrischen Arbeiten und geometrischen Nivellements ermittelten Höhenkurven, die nur an einer Stelle 1 m erreichen, durchweg aber kleiner sind, möchte mich aber glauben machen, daß es sich bei diesen Differenzen um unvermeidliche Fehler, d. h. um die Grenze dessen handelt, was man billigerweise an Genauigkeit noch erwarten kann. Er fragte weiter, ob einmal vergleichende Untersuchungen an Hand der Höhenkurven der Meßtischblätter angestellt worden sind. Durch Zuruf aus der Versammlung wurde mitgeteilt, daß sich an einer Stelle bis zu 5 m Fehler der Höhenkurven von Meßtischblättern ergeben hätten.

Dr. R. Finsterwalder (Hannover) hielt es für wichtig, die aufgetretenen Fehler in unregelmäßige und systematische zu trennen. Unregelmäßige Fehler entstehen bei der Auswertung durch die Einstellgenauigkeit der Marke an jedem Punkt; systematische Fehler sind im allgemeinen auf Verbiegungen des Raummodells zurückzuführen. Sie wirken sich über größere oder kleinere Bereiche aus und haben ihre Ursache meist im Auswertegerät. Sie stehen auch in engem Zusammenhang mit der Lage und der Zahl der benutzten Paßpunkte. Im vorliegenden Fall scheinen nicht allein die unvermeidbaren unregelmäßigen Fehler, sondern auch systematische Fehler vorhanden zu sein. Um das benutzte Instrument und die Methode beurteilen zu können, wäre es wünschenswert, Genaueres über die Art der Fehler und über die Paßpunkte zu erfahren.

Direktor Geßner (Berlin) meinte, daß die großmaßstäbliche Luftbildmessung noch etwas Neues sei. Die vorgeführten Genauigkeitsuntersuchungen liegen auch mehr als ein Jahr zurück. Jetzt sei das Personal schon besser eingearbeitet, so daß bei den letzten Auswertungen ein günstigeres Ergebnis bestehen muß. Die vermeintlich ungünstige Lage der Paßpunkte entkräftete er mit dem Einwand, daß für die Auswertung eines doppelt abgebildeten Gebiets fünf Paßpunkte gefordert werden, je zwei am oberen und unteren Bildrande und ein Paßpunkt in der Mitte des Bildes.

Dr. Sarnetzky (Essen) erwiderte Herrn Spelten, daß für die Fortführung veralteter Luftbildpläne lediglich der Weg über die neue Luftbildaufnahme des fraglichen Teilgebiets übrigbleibt. Herrn Hellweg entgegnete er, daß ihm die Fehlerquelle der Vegetation auf die Auswertung bekannt sei. Daher seien die Profile immer entlang von Wegrändern geführt worden, so daß bei der Auswertung der Erdboden richtig erfaßt werden konnte.

## Zur Orientierung terrestrischer Aufnahmen

Von Dr.-Ing. Chr. Neumann.

Aus dem Institut für Forstingenieurwesen und Luftbildmessung  
an der Technischen Hochschule Dresden.

### A. Einleitung.

Unter terrestrischen Aufnahmen versteht man im allgemeinen Aufnahmen bekannter Orientierung von festen Standpunkten. Die Auswertung solcher Aufnahmen führt häufig zu Schwierigkeiten, da die Voraussetzung „bekannte Orientierung“ nicht immer mit der erforderlichen Genauigkeit erfüllt ist. Die Ursache hierfür liegt z. B. in unvermeidlichen Resten von Justierfehlern beim Aufnahme- und Auswertegerät, oft auch in übersteigerten Anforderungen bei kleinen Basisverhältnissen. Für die praktische Arbeit ist es daher meist erwünscht, wenn nicht sogar zwingend notwendig, für jedes Stereopaar Kontrollpunkte bekannter Lage in genügender Anzahl und guter Verteilung zu bestimmen.

Werden nun an diesen Kontroll- oder „Paß“punkten nach Einstellung der Orientierungsdaten am Auswertegerät Abweichungen von der wahren Lage der Paßpunkte festgestellt, so entsteht die Aufgabe, aus diesen Fehlern — „Modellverbiegungen“ — die offenbar nicht genau genug bekannte Orientierung der Aufnahmen wiederzufinden<sup>1</sup>. Diese Modellverbiegungen wirken hauptsächlich winkelrecht zur Aufnahmebasis, da zwar einzelne Richtungen sich aus terrestrischen Aufnahmen in der Regel immer mit hinreichender Genauigkeit ergeben, nicht aber die aus Richtungs-differenzen abzuleitenden Entfernungen der zu kartierenden Punkte von der Basis, zumal bei kleinen Basisverhältnissen.

Ein Orientierungsfehler hat allerdings nicht nur Entfernungsfehler gewisser Modellpunkte zur Folge; er bedingt meist auch bestimmte seitliche Verlagerungen in der Basisrichtung, die aber bei normalen Kammeröffnungswinkeln stets von untergeordneter Größe sind. Da diese seitlichen Komponenten des Lagefehlers im übrigen noch Funktionen der Entfernungsfehler sind, also bei entsprechenden Korrekturen automatisch verschwinden würden, so können wir sie vernachlässigen. Wir beschränken uns also darauf, die unbekannteren Orientierungsverbesserungen allein als Funktionen der Entfernungsfehler aufzufassen, womit sich eine ganz elementare und anschauliche Darstellungsweise ergibt. Die folgende Abhandlung stellt den quer zur Basisrichtung gemessenen Entfernungsfehler als Funktion der einzelnen Orientierungsfehler und weiter lediglich als Funktion der Punktkoordinaten im Basissystem dar. Damit ist den Formeln auch die größte Einfachheit für die praktische Anwendung auf spezielle Fälle gegeben.

Es versteht sich von selbst, daß die Kenntnis der Wirkungsweise von Orientierungsfehlern für das Auswertergebnis freihändig getätigter terrestrischer Aufnahmen bzw. Schräg- und Flachaufnahmen aus Luftfahrzeugen von vornherein von größter Wichtigkeit ist. Bei dieser Art von Aufnahmen wäre zur vollständigen Orientierung nach der Beseitigung der Vertikalparallaxen<sup>2</sup> noch eine Feinorientierung durchzuführen, die sich auf die folgenden Darlegungen stützt. Da, wie sich zeigen wird, die Beseitigung von Modellverbiegungen beim Vorliegen einiger Paßpunkte sehr einfach ist, so wird man

<sup>1</sup> Ähnliche Untersuchungen liegen bereits vor, vgl. Finsterwalder, R., Grenzen und Möglichkeiten der terrestrischen Photogrammetrie, besonders auf Forschungsreisen. *Allgem. Vermess.-Nachr.* 42, 1930.

<sup>2</sup> Vgl. Neumann, Chr., Zur äußeren Orientierung geeigneter Bildpaare. *Bildmessg. u. Luftbildwes.* 1932.

in Zukunft wohl auf die verhältnismäßig komplizierten Einrichtungen der terrestrischen Aufnahmeapparate zur Herstellung bestimmter, paralleler Achsrichtungen verzichten können, um dafür durch Vermehrung der meist ohnehin benötigten Kontrollpunkte eine Steigerung des Auswerteeffektes zu erzielen.

Unsere Aufgabe, nämlich die genaue Wiederherstellung der Orientierung bzw. die Beseitigung der Modellverbiegungen, ist offenbar dann gelöst, wenn es gelingt, die verschiedenen, sich in ihren Auswirkungen überlagernden Orientierungsfehler zu trennen und sie dadurch einzeln zu beseitigen. Jeder Orientierungsfehler wird ja in ganz bestimmter Weise in Erscheinung treten und ein für ihn allein charakteristisches Verbiegungsbild des stereoskopischen Modelles hervorrufen. Im folgenden sollen nun die Wirkungen jedes einzelnen Orientierungsfehlers am Modell näher untersucht werden. Im allgemeinen sollen dabei nur die wichtigeren Fehlerursachen einer eingehenderen Beschreibung unterzogen werden.

Entsprechend je drei möglichen Verschiebungen und je drei Drehungen von Platte und Kammer gibt es je sechs verschiedene Fehlerquellen bei der inneren und der äußeren Orientierung der Meßbilder. Da diese Fehler sowohl an einer Aufnahme eines Paares (Differenzfehler) als auch an beiden Aufnahmen gleichzeitig (gemeinsame Fehler) auftreten können, so ergeben sich insgesamt 24 mögliche Einzelfälle.

Hiermit sind wohlgemerkt nur die Orientierungsfehler aufgezählt; eine vollständige Beschreibung aller Fehlerquellen hätte auch noch die zahlreichen, durch eine mangelhafte Justierung des Auswertesinstrumentes bedingten Fehlerursachen mit anzuführen. Wir können jedoch unterstellen, daß die Justierung der Auswertemaschine mit größter Sorgfalt durchgeführt wurde, und daß die etwa noch verbleibenden Justierungs-Restfehler (z. B. die im allgemeinen unjustierbare Verzeichnungsfehlerdifferenz der Objektive) mit in Kauf genommen werden müssen. Auch diese Fehler werden allerdings Modellverbiegungen erzeugen, deren näheres Studium sich jedoch zunächst erübrigt; wir haben durch 24 Korrekturen der Orientierung Möglichkeiten genug, um jeder überhaupt denkbaren Verbiegung praktisch zur Genüge zu begegnen. Um unsere Aufgabe schließlich nochmals genau zu fassen, so wollen wir mit Rücksicht auf die unverbesserlichen Justierungsfehler das Ziel nicht in einer genauen Wiederherstellung der Orientierung, sondern in der Herstellung des unverbogenen Stereomodells erblicken.

## B. Fehler der inneren Orientierung.

Auch die Fehler der häufig mit Unrecht als sicher bekannt und absolut unveränderlich angenommenen inneren Orientierung sind bei der terrestrischen Photogrammetrie von größter Wichtigkeit. Infolgedessen ist auch die Ausstattung des Auswertegerätes mit entsprechenden Einrichtungen zur Wiederherstellung der inneren Orientierung von hoher Bedeutung. Wegen seiner einzigartigen universellen Ausrüstung mit sämtlichen Vorrichtungen zur Kompensation aller überhaupt möglichen Fehler, insbesondere auch der inneren Orientierung, soll daher die Verwendung des Hugershoffschen Aerokartographen für die folgenden Ausführungen vorausgesetzt werden. Die in dieser Arbeit gebrauchten Bezeichnungen sind dementsprechend auch die beim Aerokartographen üblichen; für die Apparatekoordinaten wurden jedoch diesmal große Buchstaben X, Y, Z gewählt zum Unterschied von den Bildpunktkoordinaten  $x$  und  $y$ . Es versteht sich von selbst, daß die Ergebnisse auch auf andere Auswertemaschinen, soweit sie es ihrer Konstruktion nach zulassen, übertragen werden können. Auf gelegentliche prinzipielle Unterschiede ist besonders verwiesen.

### 1. Bildweitenfehler.

In Abb. 1 sind I und II die durch die Basis  $b$  verbundenen Standpunkte eines Aufnahmeapparates. Die mit den Pfeilen versehenen Geraden sind die Basisnormalen (Aufnahmerichtungen im Normalfall), mit denen die im Punkte P ( $X, Y$ ) sich schneidenden Zielrichtungen beziehungsweise die Winkel  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  einschließen. Im Abstände  $f$  von II ist die Bildebene mit dem den Strahl  $IP$  erzeugenden Bildpunkt  $p$  gezeichnet. Der Bildweitenfehler (Differenzfehler)  $\Delta f$  ruft eine Verschwenkung des Strahles und damit den Abstandsfehler  $\Delta Y$  hervor.

Der Ursprung des für unsere Betrachtungen angenommenen Koordinatensystems liege in II. Am Aerokartographen würde man die dieser Annahme entsprechenden Punktkoordinaten unmittelbar am Gerät ablesen, wenn die Basis an der linken Seite eingestellt wird.

Aus Abb. 1 ist die folgende Gleichung ohne weiteres ablesbar

$$\frac{Y + \Delta Y}{\Delta Y} = \frac{b}{n} \quad (1)$$

Daraus ergibt sich für den Abstandsfehler

$$\Delta Y = Y \frac{n}{b - n} \quad (2)$$

$n$  läßt sich ausdrücken durch

$$n = n' \frac{Y}{f - \Delta f} \quad (3)$$

und  $n'$  durch

$$n' = \Delta f \frac{X}{Y} \quad (4)$$

Durch Einsetzen von (3) und (4) in (2) erhalten wir schließlich für den Abstandsfehler

$$\Delta Y = \frac{X Y \Delta f}{b f - (X + b) \Delta f} \quad (5)$$

Unter Berücksichtigung, daß  $\Delta f$  eine kleine Größe ist und der Nenner stets positiv bleibt, können wir setzen

$$\Delta Y = \frac{X Y}{b f} \Delta f \quad (6)$$

womit wir eine praktisch völlig ausreichende, einfache Näherungsformel erhalten haben.

Abb. 2 veranschaulicht das Verbiegungsbild des Stereomodells infolge eines Bildweitenfehlers. Es zeigt sich eine Art Verschwenkung des Modells, die aber nicht gleichmäßig wirkt, sondern um so stärker wird, je weiter die Modellpunkte im Hintergrunde liegen. Selbstverständlich kann die Verbiegung auch entgegengesetzt gerichtet sein — und das gilt für alle folgenden Verbiegungsbilder —, je nachdem in diesem Falle der Bildweitenfehler eine zu kleine oder zu große Bildweite verursachte.

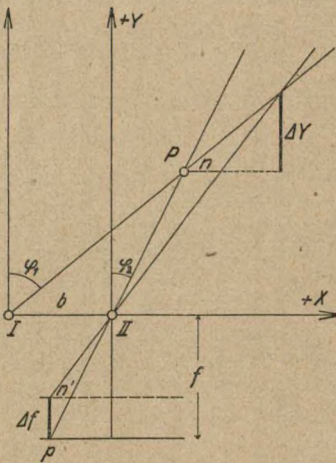
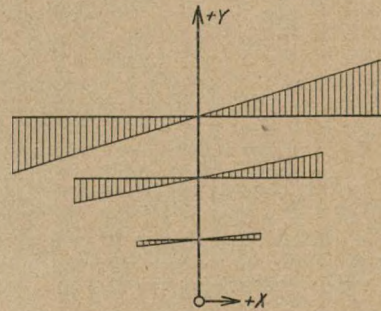


Abb. 1 und Abb. 2.



Ueber die Bedeutung des Bildweitenfehlers erhalten wir Aufschluß, wenn wir in die Formel (6) bestimmte Zahlenwerte einsetzen. Nehmen wir die Stelle des Modells, bei der die stärkste Verbiegung auftritt, und berechnen den noch zulässigen Bildweitenfehler, der keinen größeren Abstandsfehler als beispielsweise 1 mm hervorruft. Diese Stelle des Modells hat das größte am Aerokartographen einstellbare  $X$  und  $Y$ , also etwa ein  $X = (\pm) 250$  mm und ein  $Y = 600$  mm. Legen wir ferner noch das für diesen großen Abstand  $Y$  recht günstige Basisverhältnis 1:50 zugrunde, ferner eine Bildweite  $f = 200$  mm, so ergibt sich

$$\Delta f_{max} = 0,27 \text{ mm}$$

Hieraus erhellt, daß dem Bildweitenfehler ein recht beträchtlicher Einfluß zukommt. Die Bildweiteinstellung ist daher möglichst durch stereoskopische Orientierung der Bildmarken auf Differenzfehler zu prüfen.



Wie in der Einleitung bereits ausgeführt wurde, kann jeder Orientierungsfehler entweder als Differenzfehler an einer Aufnahme des Paares auftreten oder als gemeinsamer Fehler an beiden Aufnahmen gleichzeitig. Um nun den durch das gleichzeitige Auftreten von (gleichgerichteten) Bildweitendifferenzen entstehenden Abstandsfehler zu berechnen, ist es vorher erst erforderlich, auch den Abstandsfehler formelmäßig anzugeben, der durch eine Bildweitendifferenz allein an der linken Aufnahme hervorgerufen wird; wir hatten ja bei unserer obigen Ableitung die Bildweitendifferenz nur für die rechte Aufnahme angenommen. Den Abstandsfehler für die Bildweitendifferenz der linken Aufnahme erhalten wir in einfacher Weise durch die Ueberlegung,

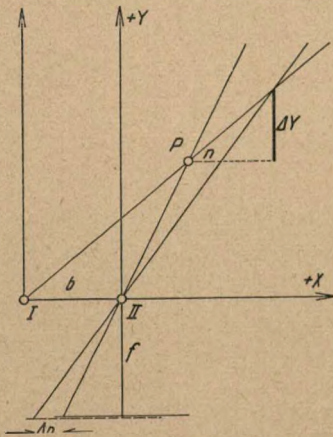
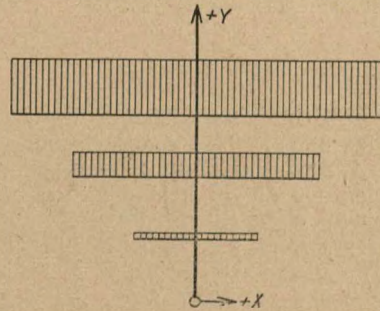


Abb. 3 und Abb. 4.



daß hier dieselben Verhältnisse durch eine Verschiebung des Nullpunktes unseres Koordinatensystems in den linken Standpunkt I eintreten. Die Größe dieser, in der X-Richtung vorgenommenen Parallelverschiebung ist  $b$ . Folglich haben wir in den Formeln (5) und (6) statt  $X$  nur immer  $X + b$  einzusetzen. Mithin gilt für die Bildweitendifferenz bei I

$$\Delta Y = \frac{(x+b) Y \Delta f}{bf - (X+2b) \Delta f} \tag{7}$$

oder in genügender Näherung analog dem obigen

$$\Delta Y = \frac{(X+b) Y}{bf} \Delta f \tag{8}$$

Damit ergibt sich der gemeinsame Bildweitenfehler aus der Differenz der beiden Differenzbildweitenfehler, da beide, wie leicht einzusehen, verschiedene Vorzeichen haben. Die Berechnung ergibt unter Verwendung der beiden Näherungsformeln (6) u. (8)

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \frac{(X+b) Y}{bf} \Delta f - \frac{XY}{bf} \Delta f \\ &= \frac{Y}{f} \Delta f \end{aligned} \tag{9}$$

Der gemeinsame Bildweitenfehler bedingt also eine einfache Maßstabsänderung des Modells, die außerdem recht gering ist, wie sich durch Einsetzen von Zahlenwerten in die Gleichung (9) ergibt. Die oben berechnete Bildweitendifferenz, die einen maximalen Lagefehler  $\Delta Y$  von 1 mm hervorrief, erzeugt hier lediglich einen Maximalfehler von etwa 0,1 mm. Außerdem handelt es sich hier ja nicht um eine eigentliche „Verbiegung“, sondern um eine Maßstabsänderung, die praktisch sehr einfach durch eine Korrektur der Basisgröße (vgl. Abb. 12) behoben wird — viel einfacher als durch gleichmäßige Veränderung der Bildweiten.

## 2. Horizontalparallaxenfehler.

Beim Aufnahmegerät wird es zuweilen vorkommen, daß der Schnittpunkt der Verbindungslinien der Bildmarken nicht mit dem Plattenhauptpunkt zusammenfällt. Andererseits ist im Auswertebildträger unter Umständen damit zu rechnen, daß es

nicht ganz gelingt, den Plattenhauptpunkt genügend genau zu zentrieren. In beiden Fällen wird die Platte aus ihrer Soll-Lage um gewisse kleine Beträge in ihrer Ebene verschoben sein. Die horizontale Komponente einer solchen Verschiebung wollen wir mit Horizontalparallaxenfehler bezeichnen, während die später zu behandelnde vertikale Verschiebung Vertikalparallaxenfehler genannt sein möge.

$$\text{Nach Abb. 5 verhält sich} \quad \frac{Y + \Delta Y}{\Delta Y} = \frac{b}{n} \quad (10)$$

$$\text{woraus sich ergibt} \quad \Delta Y = Y \frac{n}{b - n} \quad (11)$$

$$\text{Weiter ist} \quad n = \Delta p \frac{Y}{f} \quad (12)$$

$$\text{womit wir schließlich für } \Delta Y \text{ erhalten} \quad \Delta Y = \frac{Y^2 \Delta p}{bf - Y \Delta p} \quad (13)$$

$$\text{oder in ausreichender Näherung} \quad \Delta Y = \frac{Y^2}{bf} \Delta p \quad (14)$$

da  $\Delta p$  ein kleiner Wert ist und hier im Nenner vernachlässigt werden kann.

Das Verbiegungsbild des Horizontalparallaxenfehlers wird in Abb. 4 veranschaulicht.

Der Ausdruck (14) gilt in gleicher Weise für einen Parallaxenfehler der linken Aufnahme. Da die in beiden Fällen erzeugten Abstandsfehler jedoch entgegengesetzt gerichtet sind, so heben sich ihre Wirkungen auf; ein gemeinsamer Horizontalparallaxenfehler erzeugt also keinen Abstandsfehler. Daraus ergibt sich, daß eine ungenaue Justierung der Bildmarken in der Aufnahmekammer keine Modellverbiegung hervorrufen kann.

Anders dagegen verhält es sich bei der Orientierung der Platten im Auswertebildträger. Hier sind sehr wohl Differenzfehler möglich. Um unter den oben gemachten Voraussetzungen keinen größeren Maximalfehler als 1 mm zu haben, so ist nach (14) eine Genauigkeit von

$$\Delta p_{max} = 0,017 \text{ mm}$$

für die Bestimmung des Hauptpunktes in horizontaler Richtung erforderlich. Diesem Zentrierungsvorgang ist also besondere Sorgfalt zu widmen. Die Einhaltung der geforderten Genauigkeit ist allerdings im allgemeinen durch stereoskopische Orientierung der Bildmarken verhältnismäßig leicht möglich.

### 3. Vertikalparallaxenfehler.

Während im vorigen Falle beträchtliche Abstandsfehler zu erwarten waren, treten bei einer fehlerhaften Vertikalverschiebung der Platte (bzw. des Hauptpunktes) überhaupt keine Abstandsfehler auf. Allerdings sind dafür — bei Differenzfehlern — Vertikalparallaxen zu erwarten, die der Entfernung  $Y$  proportional sind und dem Beobachter daher stets unter demselben Gesichtswinkel erscheinen.

### 4. Plattenschwenkfehler.

Hierunter wollen wir eine Schwenkung der Platte um die Hauptvertikale bzw. um ihre  $y$ -Achse verstehen. Linker und rechter Teil der Platte liegen daher außerhalb der Bildmarkenebene. Da eine solche teilweise Durchdringung des Plattenrahmens praktisch unmöglich ist, so wird dieser Fehler immer mit einem Bildweitenfehler kombiniert sein. Die Ursache des Plattenschwenkfehlers ist in der Regel in kleinen Fremdkörpern oder im Versagen der Anpreßfedern zu suchen, die das ebene Anliegen der Platte am Bildmarkenrahmen verhindern.

Eine Plattenschwenkung hat zur Folge, daß die Aufnahme­richtung nicht mehr durch den Schnittpunkt der Markenverbindungs­linien geht, da ja die Aufnahme­richtung stets winkelrecht zur Plattenebene ist. Abb. 5 zeigt schematisch eine verschwenkte Platte  $P$  in der Kammer  $K$  mit dem Objektiv  $O$ . Der Bildhauptpunkt  $H$  liegt außerhalb des Schnittpunktes  $S$  der Verbindungs­linien der Bildmarken  $B$ , deren Ebene — Rahmen­ebene — zur Vereinfachung der Darstellung von der Platte durchdrungen ist.

Mit der Plattenschwenkung ist also auch stets eine Aenderung der äußeren Orientierung verbunden. Die besondere Einrichtung der Aerokartographenbildträger ermöglicht nun nicht nur eine genaue Wiederauffindung und Einstellung der Plattenschwenkung, sie bewirkt vielmehr damit auch noch die völlig automatische Beseitigung der durch den Plattenschwenkfehler bedingten Veränderung der äußeren Orientierung.

Die verbiegende Wirkung des Plattenschwenkfehlers auf das Stereomodell läßt sich leicht durch eine Art Rekonstruktion des Fehlers im Auswertebildträger veranschaulichen. In Abb. 6 sei O der bildseitige Hauptpunkt des Objektivs und S der Schnittpunkt der Bildmarkenverbindungslinien der ursprünglich verschwenkten Platte P. In diese, in der Abbildung voll ausgezogene Lage der Platte, bei der der Hauptpunkt H also nicht in S liegt, würde die Platte zunächst in den Bildträger eingelegt werden, da ja der Bildhauptpunkt H vorläufig unbekannt ist. Um nun der Platte die richtige innere Orientierung zu geben, wäre erstens eine Verschiebung des Hauptpunktes H um  $\Delta p$  nach S nötig. Zweitens ist jetzt eine Korrektur der Bildweite um  $\Delta f$  erforderlich, da

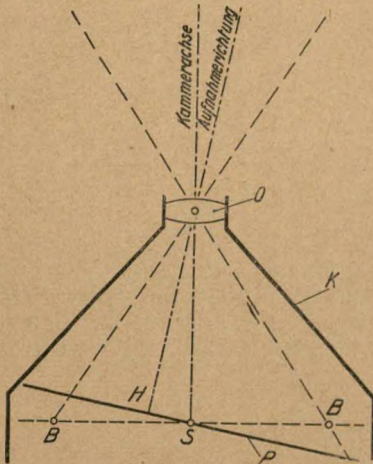
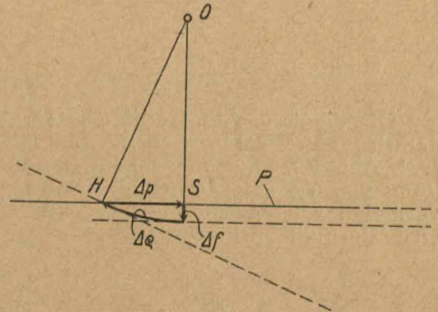


Abb. 5 und Abb. 6.



ja  $OS < OH$  ist. Drittens hat schließlich eine Verschwenkung des ganzen Bildträgers um  $\Delta \varrho$  wegen der oben besprochenen Notwendigkeit der Wiederherstellung der äußeren Orientierung zu erfolgen. Der Plattenschwenkfehler setzt sich also aus folgenden drei Einzelfehlern zusammen:

1. Horizontalparallaxenfehler  $\Delta p$ ,
2. Bildweitenfehler  $\Delta f$ ,
3. Bildträgerverschwenkungsfehler  $\Delta \varrho$ , der im folgenden mit „Konvergenzfehler“ bezeichnet wird.

Das Verbiegungsbild des Plattenschwenkfehlers erhalten wir also durch entsprechende Addition der einzelnen Fehlerkomponenten. Da nun aber die Anteile der drei Komponenten wieder voneinander abhängig sind — der Einfluß von  $\Delta f$  wird allerdings sehr gering, ja sogar zu vernachlässigen sein — und der Konvergenzfehler erst später behandelt werden wird, so wollen wir die Formel für den Abstandsfehler infolge einer Plattenverschwenkung hier besonders ableiten.

Der Entfernungsf Fehler  $\Delta Y$  wegen des Plattenschwenkfehlers  $\Delta \sigma$  könnte an Hand der nach früherem ohne weiteres verständlichen Abb. 7 in ähnlicher Weise wie z. B. der Bildweitenfehler berechnet werden. Einfacher jedoch kommen wir unter Benutzung der Formel (6) durch die Ueberlegung zum Ziel, daß ja die Schwenkung der Platte um  $\Delta \sigma$  einen Bildweitenfehler hervorruft, der eine Funktion der Bildabszisse  $x$  ist. Nach Abb. 7 erhalten wir, da  $\Delta \sigma$  ein kleiner Winkel ist,

$$\Delta f = x \Delta \sigma \tag{15}$$

Für  $x$  ergibt sich nach Abb. 7 
$$x = X \frac{f}{Y} \tag{16}$$

Durch Einsetzen der Ausdrücke (15) und (16) in (6) folgt

$$\Delta Y = \frac{X^2}{b} \Delta \sigma \tag{17}$$

In Abb. 8 ist das auf Grund vorstehender Gleichung berechnete Fehlerbild graphisch dargestellt.

Die Bedeutung des Plattenschwenkfehlers ist ganz erheblich, wie sich durch Einsetzen der oben angenommenen Werte ergibt. Der Maximalfehler von  $\Delta Y = 1 \text{ mm}$

würde bereits bei einer Plattenverschwenkung von rund 1' eintreten, was bei einer Längsseite der Platte von 18 cm einer größten linearen Verschwenkung von etwa 0,05 mm entspräche.

Die hier besprochene Verschwenkung einer Platte kann im allgemeinen durch stereoskopische Beobachtung bei der Herstellung der inneren Orientierung praktisch ausgeschaltet werden. Der stereoskopische Effekt gibt aber keinen Aufschluß über das Auftreten eines gemeinsamen Plattenschwenkfehlers. Die Größe der durch diesen Fehler hervorgerufenen Verbiegung ist wieder gleich der Differenz der beiden Einzelfehler bei der linken und rechten Aufnahme. Für die linke Aufnahme ergibt sich zunächst aus (17), wenn wir wieder statt  $X$  die Größe  $X + b$  einsetzen,

$$\Delta Y = \frac{(X+b)^2}{b} \Delta \sigma \quad (18)$$

Damit erhalten wir für den Abstandsfehler infolge des gemeinsamen Plattenschwenkfehlers

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \frac{(X+b)^2}{b} \Delta \sigma - \frac{X^2}{b} \Delta \sigma \\ &= (2X+b) \Delta \sigma \end{aligned}$$

oder näherungsweise

$$\Delta Y = 2X \Delta \sigma \quad (19)$$

Die damit verbundene Modellverbiegung entspricht dem Charakter nach vollständig der durch den später behandelten „Verschwenkungsfehler“ hervorgerufenen Verbiegung (vgl. Abb. 18). Für den Maximalfehler  $\Delta Y = 1$  mm ist eine gemeinsame Plattenschwenkung von 6,6' erforderlich, ein Betrag, aus dem wir erkennen, daß dieser Fehler immer vermeidbar ist, wenn nicht besondere Umstände (z. B. grobe Veränderung der inneren Orientierung) vorliegen.

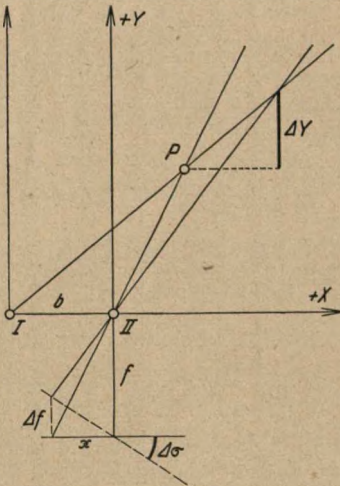
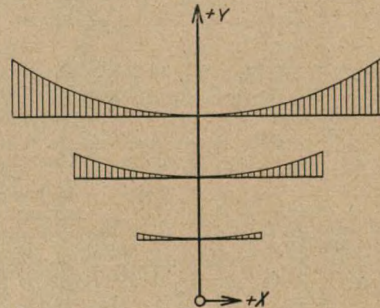


Abb. 7 und Abb. 8.



### 5. Plattenkipppfehler.

Ganz analog zu den obigen Ausführungen soll der Plattenkipppfehler eine Kippung der Platte um die Haupthorizontale bzw. um die  $x$ -Achse der Platte bedeuten. Der Fehler setzt sich dementsprechend zusammen aus einem Vertikalparallaxenfehler, einer (geringen) Bildweitendifferenz und schließlich einer Neigungsdifferenz als Veränderung der äußeren Orientierung (siehe unter C 5).

Der hier erzeugte Abstandsfehler  $\Delta Y$  ist offenbar abhängig von der Bildordinate  $y$ . Er kann also hauptsächlich nur bei Photogrammen von Gebirgslandschaften — die allerdings die Regel bilden — besonders in Erscheinung treten. Abb. 9 zeigt die bei einem Plattenkipppfehler vorliegenden Verhältnisse, und zwar links in einem Seitenriß (XZ-Ebene) und rechts, ähnlich wie früher, im Grundriß der XY-Ebene. Wir fassen den

Abstandsfehler  $\Delta Y$  wieder als Funktion einer Bildweitenänderung auf, die ihrerseits eine Funktion des (kleinen) Kippwinkels  $\Delta\tau$  ist. Nach Abb. 9 ist

$$\Delta f = y \Delta\tau \tag{20}$$

und für  $y$  ergibt sich

$$y = Z \frac{f}{Y} \tag{21}$$

In Verbindung mit (6) folgt also

$$\Delta Y = \frac{XZ}{b} \Delta\tau \tag{22}$$

Der Fehler ist also abhängig von  $Z$  und tritt, anders ausgedrückt, nur bei geeigneten Raumenkern in Erscheinung und ist der Größe von  $Z$  proportional. Die graphische

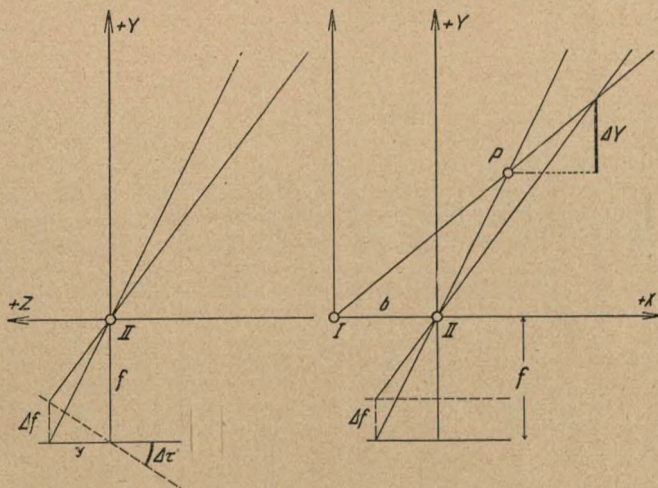


Abb. 9.

Darstellung der Abstandsfehler in Abb. 10 zeigt die Wirkungsweise der Kippung  $\Delta\tau$  dementsprechend in der Aufrißebene  $XZ$ . Dabei sind die Fehler  $\Delta Y$  natürlich wieder parallel der  $Y$ -Richtung, also winkelrecht zur Zeichenebene, zu denken.

Setzen wir noch unsere Zahlenwerte in Gleichung (22) ein, so ergibt sich derselbe zulässige Wert von  $\Delta\tau$  gleich etwa  $1'$  wie beim Plattenschwenkfehler  $\Delta\sigma$ , wenn wir  $Z_{max} = X_{max}$  als größten, bei quadratischem Plattenformat möglichen Wert für  $Z$  einsetzen. Da jedoch bei terrestrischen Aufnahmen in der Regel ein rechteckiges Plattenformat verwendet wird und dieses meist nicht einmal ausgenutzt wird, so kommt dem Plattenkipffehler praktisch eine viel geringere Bedeutung als dem Plattenschwenkfehler zu. Außerdem ist es möglich, die hier besprochene Plattenkippdifferenz mit größter Exaktheit zu beseitigen, z. B. durch stereoskopische Beobachtung der entsprechenden Bildmarken nach Herbeiführung eines Bildsturzes von  $90^\circ$  mittels der Doveprismen.

Der Fehler infolge einer gemeinsamen Plattenkipfung berechnet sich ganz analog den obigen Anleitungen der anderen gemeinsam wirkenden Fehler aus

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \frac{(X+b)Z}{b} \Delta\tau - \frac{XZ}{b} \Delta\tau \\ &= Z \Delta\tau \end{aligned} \tag{23}$$

Der Fehler ist bei einigermaßen sorgfältig hergestellter innerer Orientierung bedeutungslos. Unter ungünstigsten Umständen macht sich die gemeinsame Plattenkipfung erst bei einem Betrag von  $14'$  bemerkbar.

### 6. Plattenkantungsfehler.

Dieser Fehler ist völlig identisch mit dem Kantungsfehler der äußeren Orientierung, da die entsprechenden Drehachsen zusammenfallen. Es ist also gleichgültig, ob der Fehler durch eine Drehung der Platte (bzw. des Bildmarkenrahmens) oder durch eine Drehung der ganzen Kammer entsteht. Am Aerokartographen wird die Kantung sowohl

für die innere als auch für die äußere Orientierung durch Drehen der Platte (also bei feststehendem Objektiv) eingestellt. Der Kantungsfehler soll weiter unten als Fehler der äußeren Orientierung beschrieben werden (siehe C, 6).

### C. Fehler der äußeren Orientierung.

#### 1. Basisfehler.

Nach Abb. 11 ergibt sich für den Abstandsfehler  $\Delta Y$  infolge eines Längenfehlers der Basis unmittelbar

$$\Delta Y = \frac{Y}{b} \Delta b \quad (24)$$

Wir setzen noch für das Basisverhältnis

$$\frac{b}{Y} = \frac{1}{n} \quad (25)$$

und erhalten schließlich

$$\Delta Y = n \Delta b \quad (26)$$

In Abb. 12 sind die Größenverhältnisse von  $\Delta Y$  für verschiedene Auswertebereiche graphisch dargestellt. Wir erkennen, daß der Basisfehler eine gleichförmige Veränderung des Modellmaßstabes hervorruft.

Es erübrigt sich, von einem „gemeinsamen Basisfehler“ zu sprechen. Eine gleichmäßige Verschiebung der Standpunkte hat eine entsprechende Verschiebung des ganzen Modelles zur Folge, die aber, da wir es nur mit kleinen Fehlergrößen zu tun haben, praktisch belanglos ist.

Den Maximalfehler der Basis, der keinen größeren Abstandsfehler als 1 mm bedingt, erhalten wir mit dem oben unterstellten Basisverhältnis von 1 : 50 zu rund 0,05 mm.

Da die Basis bei terrestrischen Aufnahmen stets mit hinlänglicher Genauigkeit gemessen werden kann, so wird eine Basiskorrektur im allgemeinen nur zur gelegentlichen Kompensation anderer Fehler herangezogen zu werden brauchen (z. B. gemeinsamer Bildweitenfehler). Von ganz besonderer Bedeutung wird der Basisfehler jedoch bei freihändigen terrestrischen Aufnahmen mit unbekannter Basis bzw. bei Flach- und

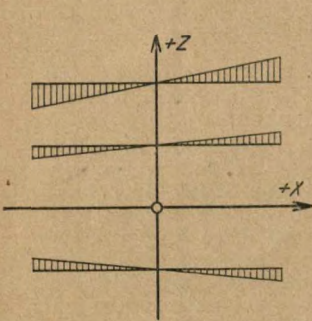


Abb. 10.

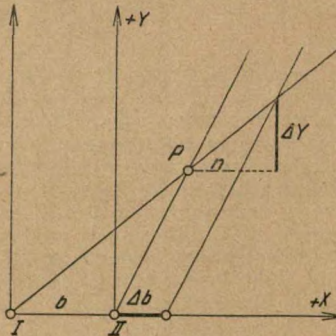


Abb. 11.

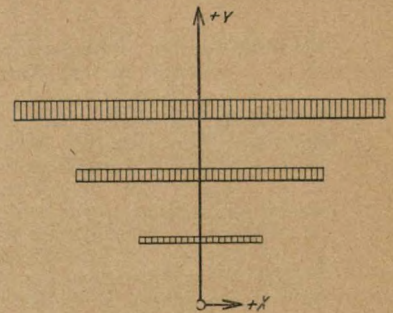


Abb. 12.

Schrägaufnahmen aus der Luft. Hier ist er mitunter schwer aus den zahlreichen Kombinationen mit anderen Fehlern zu erkennen. Insbesondere sei hier die Kombination des Basisfehlers mit dem später behandelten Konvergenzfehler (der eine außerordentlich starke Verbiegung hervorruft) erwähnt.

#### 2. Basisausrückungsfehler.

Dieser — nicht mit der später zu besprechenden „Verschwenkung“ zu verwechselnde — Fehler ist für die vorliegende Betrachtung ganz und gar belanglos; er soll hier nur zur Abrundung des systematischen Ueberblickes Erwähnung finden. Er entsteht durch eine fehlerhafte, winkelrecht zur Basis wirkende Orientierung eines (oder beider) Basisendpunktes im System der Festpunkte. Die beiden Aufnahmerichtungen bleiben winkelrecht zur Basis (vgl. Abb. 13); die ganze Auswertung erscheint also — abgesehen

von einer geringen Maßstabsvergrößerung — um eine Aufnahmestation verdreht. Es handelt sich hier eigentlich nicht um einen photogrammetrischen „Orientierungsfehler“, sondern vielmehr um eine fehlerhafte azimutale Orientierung der Basis im Festpunktnetz, also kurz um einen Festpunktfehler, da ja die Basisendpunkte auch Festpunkte darstellen. Eine genaue Trennung der photogrammetrischen Orientierungsfehler von den — natürlich meist auch nicht fehlerfreien — Festpunkten ist nicht möglich; denn schließlich müßten wir den oben behandelten „Basisfehler“ ebensogut zu den Festpunktfehlern rechnen.



Abb. 13.

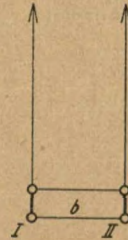


Abb. 14.

Der doppelte Basisausrückungsfehler, bei dem beide Aufnahmeorte gemeinsam quer zur Basis verschoben sind, ist in Abb. 14 dargestellt, wozu keine weiteren Erläuterungen erforderlich sind.

### 3. Basisneigungsfehler.

Eine fehlerhafte Neigung der Basis entsteht durch unrichtiges Einstellen der Höhendifferenz der Standpunkte. Dieser Fehler erzeugt, wie leicht einzusehen, keine Modellverbiegung; er äußert sich nur in Vertikalparallaxen, die an jeder Stelle des Modells gleich groß sind. Die Parallaxe wegen eines Basisneigungsfehlers  $\Delta b_2$  wird uns im Aerokartographen also unter um so größerem Gesichtswinkel erscheinen, je weiter wir sie im Vordergrund des Modelles sehen. Bei einem kleinen Fehler wird die Vertikalparallaxe in der Regel im Hintergrund überhaupt nicht mehr sichtbar sein, dagegen noch sehr gut im Vordergrund. Der Fehler ist also praktisch durch Beseitigung der Vordergrundparallaxe mittels Einstellens einer kleinen Standpunkthöhendifferenz ( $\Delta b_1$ ) zu beseitigen.

### 4. Verschwenkungsfehler.

Wir kommen hiermit zu den wichtigsten Verbiegungsursachen, der fehlerhaften Verschwenkung einer oder beider Aufnahmen in bezug auf die Basis. Dem inzwischen eingebürgerten Sprachgebrauch entsprechend, soll eine einfache Verschwenkung, also die falsche Orientierung nur einer Aufnahme, mit „Konvergenzfehler“ bezeichnet werden, während die gemeinsame Verschwenkung beider Kammern kurz „Verschwenkungsfehler“ genannt sein möge.

Für den Abstandsfehler  $\Delta Y$  infolge eines Konvergenzfehlers  $\Delta \varrho$  ergibt sich nach Abb. 15

$$\Delta Y = \frac{nY}{b - \mu} \tag{27}$$

für  $n$  erhalten wir

$$n = \frac{r}{\cos \varphi_2} \tag{28}$$

worin

$$\cos \varphi_2 = \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \tag{29}$$

ist.  $r$  können wir durch  $\Delta \varrho$  ausdrücken. Es ist näherungsweise

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2} \Delta \varrho \tag{30}$$

<sup>3</sup> Beim Stereoplanigraphen ist der Gesichtswinkel der Vertikalparallaxe wegen Basisneigung unabhängig von  $Y$ , also stets gleich.

Damit wird

$$n = \frac{X^2 + Y^2}{Y} \Delta \varrho \quad (31)$$

In (27) eingesetzt, ergibt sich

$$\Delta Y = \frac{(X^2 + Y^2) \Delta \varrho}{b - \frac{X^2 + Y^2}{Y} \Delta \varrho} \quad (32)$$

Unter Berücksichtigung, daß  $\Delta \varrho$  eine kleine Größe ist, erhalten wir die praktisch vollständig ausreichende Formel

$$\Delta Y = \frac{X^2 + Y^2}{b} \Delta \varrho \quad (33)$$

Abb. 16 veranschaulicht das durch einen Konvergenzfehler hervorgerufene Verbiegungsbild. Die Größe der Verbiegung ist ganz erheblich, wie sich durch Einsetzen von Zahlenwerten in Gleichung (33) ergibt. Soll der Abstandsfehler  $\Delta Y$  überall kleiner als 1 mm sein, so muß die Konvergenz auf 10" genau bekannt sein und mit derselben

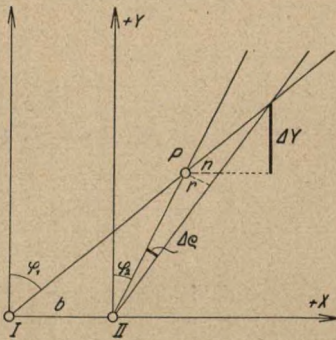


Abb. 15.

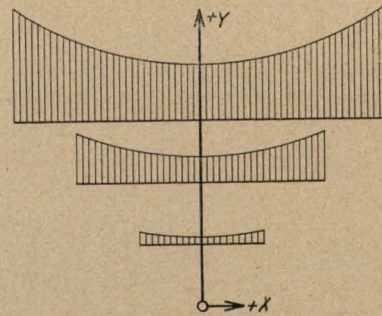


Abb. 16.

Genauigkeit im Auswertegerät eingestellt werden, wenn wir das kleinste Basisverhältnis mit 1 : 50 annehmen (vgl. die unter B, 1, vorausgesetzten Zahlenangaben).

Für den (gemeinsamen) Verschwenkungsfehler ergäbe sich nun der Abstandsfehler durch Erweiterung der oben für den Konvergenzfehler gefundenen Formel auf die gemeinsame Verschwenkung beider Kammern. Viel einfacher kommen wir jedoch durch direkte Ableitung des Fehlers zum Ziel, wenn wir, wie es praktisch ja auch immer geschieht, statt der gemeinsamen Kammerverschwenkung  $\Delta \sigma$  eine entsprechende Basisverschwenkung  $\Delta b_y$  (bei feststehenden Aufnahmerichtungen) ausführen. Nach Abb. 17 ergibt sich

$$\Delta Y = \frac{n Y}{b} \quad (34)$$

wenn wir die Basis  $b$ , da es sich nur um kleine Fehler handeln soll, gleich ihrer Hauptkomponente  $b_x$  setzen. Weiter ist

$$n = \frac{X}{Y} \Delta b_y \quad (35)$$

und damit wird

$$\Delta Y = \frac{X}{b} \Delta b_y \quad (36)$$

Abb. 18 zeigt die graphische Darstellung der Wirkungsweise des Verschwenkungsfehlers. Der größte bei unseren Annahmen noch zulässige Fehler der Basiskomponente  $b_y$  ist 0,08 mm. Mit

$$\Delta \varrho = \frac{\Delta b_y}{b} \quad (37)$$

ergibt sich für die noch zulässige gemeinsame Kammerverschwenkung rund 14'.



5. Neigungsfehler.

Die fehlerhafte Neigung einer der beiden Aufnahmen verursacht nur Vertikalparallaxen; jedenfalls sind die vertikalen Komponenten der durch einen Neigungsfehler erzeugten Parallaxen ganz erheblich größer als die horizontalen, so daß nach Beseitigung der Vertikalparallaxen eine Modellverbiegung infolge eines Neigungsfehlers nicht mehr möglich ist. Die durch einen Neigungsfehler hervorgerufenen Vertikalparallaxen erscheinen dem Beobachter stets unter demselben Gesichtswinkel; ihre absolute Größe ist also proportional dem Abstand Y. Wegen gelegentlicher Kombination dieses Fehlers mit dem Basisneigungsfehler ist es zweckmäßig, die Neigungsparallaxe stets im Hintergrund des Stereomodells zu beseitigen. Dafür spricht auch der physiologische Umstand, daß der Beobachter immer geneigt ist, die Parallaxen an der Größe der gerade betrachteten Modellteile zu messen bzw. sie mit ihnen zu vergleichen.

Ein gemeinsamer Neigungsfehler ruft an den Paßpunkten Höhenfehler hervor, die proportional dem Abstand Y sind. Dieser Fehler ist also leicht feststellbar und durch gleichmäßiges Neigen beider Bildträger zu eliminieren.

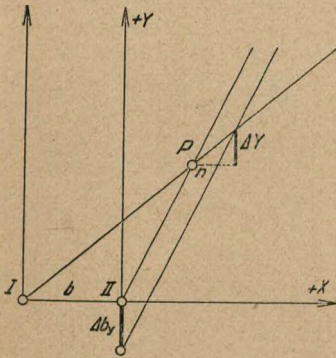


Abb. 17.

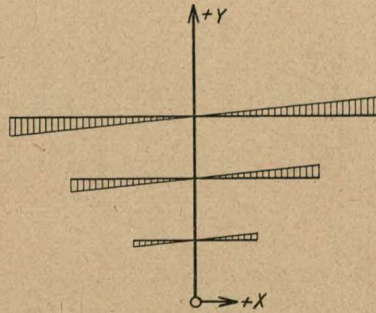


Abb. 18.

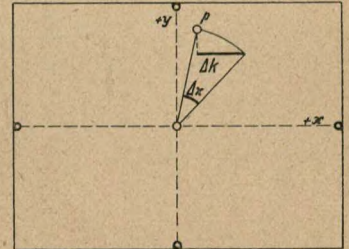


Abb. 19.

6. Kantungsfehler.

Ein einseitiger Kantungsfehler erzeugt Vertikalparallaxen, an denen er in der Regel mit genügender Schärfe erkennbar und mit hinreichender Genauigkeit eliminierbar ist. In einigen Fällen, auf die wir noch zurückkommen werden, kann die verbiegende Wirkung des Kantungsfehlers jedoch von erheblicher Bedeutung sein, weshalb wir auch ihn hier ausführlicher behandeln wollen.

Nach Abb. 19 ist die lineare horizontale Querverschwenkung  $\Delta k$ , die ein Punkt in der Bildebene infolge einer kleinen Kantung  $\Delta \kappa$  erfährt, mit hier ausreichender Genauigkeit

$$\Delta k = y \Delta \kappa \tag{38}$$

In Verbindung mit Gleichung (21) erhalten wir

$$\Delta k = f \frac{Z}{Y} \Delta \kappa \tag{39}$$

womit wir die Bildordinate y in gewohnter Weise durch die entsprechenden Maschinenkoordinaten und durch die konstante Bildweite f ausgedrückt erhalten. Durch Einsetzen von (39) in Gleichung (14), indem wir also den Kantungsfehler als einen von  $\Delta \kappa$  bzw.  $\Delta \kappa'$  abhängigen Horizontalparallaxenfehler auffassen, ergibt sich für den Abstandsfehler

$$\Delta Y = \frac{YZ}{b} \Delta \kappa \tag{40}$$

In Abb. 20 ist das Verbiegungsbild veranschaulicht. Es handelt sich diesmal um eine Seitenrißebene, da ja der Abstandsfehler von Y und Z, nicht aber von X, abhängig ist. Durch Vergleich mit Abb. 2 wird ersichtlich, daß der Kantungsfehler sozusagen wie ein um 90° gedrehter Bildweitenfehler wirkt.

Infolge seiner Abhängigkeit von  $Z$  ist der Einfluß des Kantungsfehlers stark durch die Geländeform bedingt. Im allgemeinen bleibt jedoch  $Z$  bei terrestrischen Aufnahmen klein, und darum dürfte die Genauigkeitsforderung  $\Delta\alpha < 50''$  für ein  $Y_{max} = 1$  mm im allgemeinen viel zu niedrig begrenzt sein.

Eine größere Bedeutung kommt dem Kantungsfehler bei geneigten Aufnahmen, also besonders bei Flach- und Schrägaufnahmen aus der Luft, zu. In diesem Falle ist nämlich das  $Z$  in Formel (40) durch den Ausdruck  $Z + Y \cdot \operatorname{tg} \nu$  zu ersetzen, worin  $\nu$  der Neigungswinkel der Aufnahmen ist. Das entsprechende Verbiegungsbild zeigt Abb. 21.

Wir erkennen, daß es bei terrestrischen Aufnahmen unter allen Umständen ratsam ist, den komplizierten, weil von der Geländeform abhängigen Verbiegungserscheinungen des Kantungsfehlers von vornherein durch sorgfältigstes Einspielenlassen der parallel zum Bildrahmen angebrachten Libelle zu begegnen.

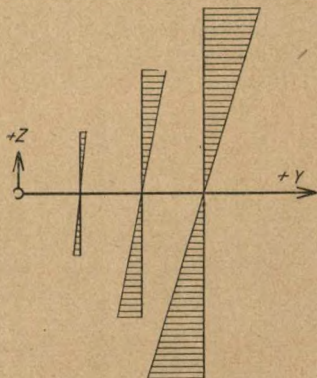


Abb. 20.

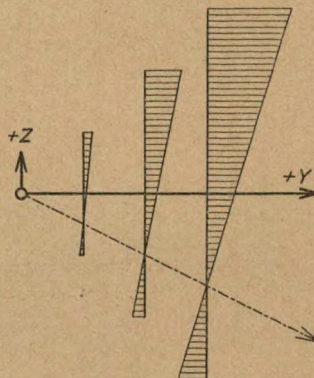


Abb. 21.

Ein gemeinsamer Kantungsfehler beider Kammern ist wieder durch die an den Paßpunkten feststellbaren Höhendifferenzen erkennbar. Der Fehler ist durch gleichmäßiges Kanten beider Bildträger zu beseitigen, woran sich eine entsprechende Korrektur der Basisneigung anzuschließen hat.

#### D. Schlußbemerkung.

Die allgemeine Formel für den Abstandsfehler  $\Delta Y$ , der sich aus allen Verbiegungsursachen zusammensetzt, ergibt sich nun in erster Annäherung durch Addition aller oben abgeleiteten Fehlerformeln. Es wäre jedoch zwecklos, daran noch weitere mathematische Betrachtungen anzuknüpfen, da sie für die praktische Beherrschung des Stoffes ohne Bedeutung sind. Der beste Lehrmeister des photogrammetrischen Auswerters im sicheren Erkennen der zahlreichen „Verbiegungskombinationen“ ist die eigene Erfahrung, die aber an Hand unserer bildlichen Darstellungen der Fehlerwirkungen unschwer zu erwerben ist.

Es ist in der Tat ein leichtes, selbst mit groben „Orientierungsfehlern“ behaftete terrestrische Aufnahmen auf Grund der an Paßpunkten festgestellten Abstandsfehler genau zu orientieren bzw. „das der Natur ähnliche Modell herzustellen“. Sogar das Fehlen der Standpunktkoordinaten, also speziell die Auswertung von Flach- und Schrägaufnahmen aus der Luft, bietet nicht die geringsten Schwierigkeiten, sofern eine genügende Anzahl von Festpunkten, etwa vier oder einige mehr für jedes Plattenpaar, vorhanden ist. Die Ergiebigkeit gerade dieser letztgenannten Aufnahmeart ist zudem im allgemeinen so überragend groß im Verhältnis zu anderen Methoden, daß ihre Anwendung z. B. bei ersten kolonialen Vermessungen eine bedeutende Förderung wohl verdient.

Abschließend erscheint es uns notwendig, noch auf einige, hier an sich unbedeutende Sonderfälle kurz einzugehen. Wir hatten ja für alle unsere Ableitungen den Normalfall der Photogrammetrie vorausgesetzt. Die oben aufgestellten Formeln und die Verbiegungsbilder gelten also streng genommen nur für kleine Fehler bei „parallelen“ und „horizontalen“ Aufnahmerichtungen, die „winkelrecht“ zur Basis sind.

Im Abschnitt C, 6, wurde bei der Besprechung des Kantungsfehlers schon auf den Fall der geneigten Aufnahmen eingegangen. Bei allen anderen Fehlern können wir aber die Aufnahme-neigung — mit Ausnahme noch des Plattenkipffehlers, dem aller-

dings keine große Bedeutung zukommt — vernachlässigen, da ja die Aenderungen (statt  $Y$  muß es  $Y \cdot \cos \nu$  heißen) im allgemeinen nicht groß sind. Bei der Formel für den Plattenkipffehler und, wie bereits besprochen, beim Kantungsfehler ist  $Z$  durch das Zusatzglied  $+ Y \cdot \operatorname{tg} \nu$  zu verbessern, wobei der nach unten geridete Neigungswinkel  $\nu$  als positiv angenommen ist.

Die etwas komplizierteren Veränderungen der Formeln bei parallel verschwenkten Aufnahmen rechtfertigen wegen ihrer Geringfügigkeit keineswegs ihre erneute Ableitung für diesen Spezialfall. Es genügt stets, die Orientierungskorrekturen aus den sich praktisch gleichbleibenden Verbiegungsbildern abzuleiten. Mit gleichem Recht können wir unsere Verbiegungsbilder aber auch für den allgemeinen Fall der Photogrammetrie anwenden, da wir es hier immer nur mit horizontalen oder mäßig geneigten und annähernd parallelen Aufnahmerichtungen zu tun haben.

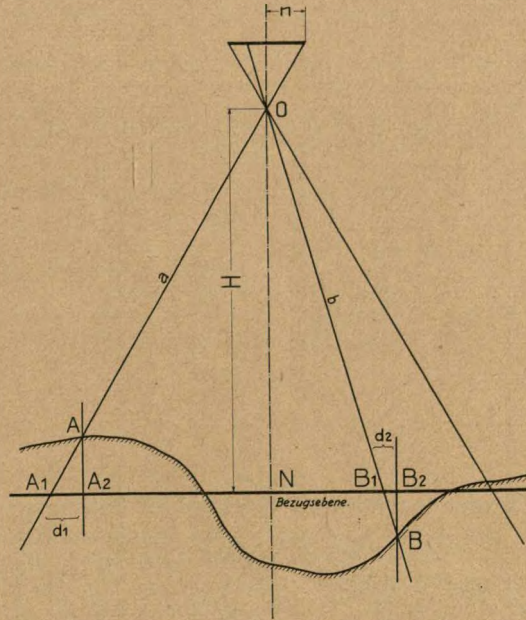
## Das Entzerrungsgerät Wild-Odenkrants

Von Ingenieur Max Kreis.

### a) Die Anwendung der Entzerrungsmethode.

Die Bildentzerrung, d. h. die perspektive Umwandlung von Geländeaufnahmen bestimmter Neigung in Ebenen anderer Neigung wird fast ausschließlich für die Herstellung von Photoplänen oder topographischen Karten aus Luftaufnahmen angewendet. Dabei muß die Umbildung derart erfolgen, daß entsprechende Strahlen des Zentralbündels der Aufnahme denjenigen der Parallelprojektion der Karte als Bezugsbündel in der Projektionsebene zugeordnet sind.

Abb. 1.



Die einzelnen durch Entzerrung gewonnenen Photokarten werden entweder zu Photoplänen zusammengesetzt, welche alle photographisch aufgenommenen Geländedetails enthalten, oder sie dienen als Grundlage für die Herstellung von Situationsplänen oder für Nachführungsarbeiten. Bei den letzteren Verwendungsarten werden von den Photokarten Originalpausen erstellt, welche nur diejenigen Geländedetails enthalten, die für die betreffende Auswertung von Bedeutung sind (Gebäudeobjekte, Straßen, Gewässer, Eigentums- und Kulturgrenzen usw.).

Das Bildentzerrungsverfahren zur Herstellung von topographischen Karten besitzt überall dort große Vorteile, wo das Gelände als praktisch horizontal oder nur leicht geneigt bezeichnet werden kann. Bei horizontalem, ebenem Gelände erreicht die Ge-

naugigkeit von entzerrten Bildern ein Maximum, da es dann möglich ist, entsprechende Zentralstrahlen der Aufnahme mit solchen des orthogonalen Bezugsbüschels mit großer Genauigkeit in der Kartierungsebene zum Schnitt zu bringen.

Bei hügeligem Gelände genügt es nicht, die Kartierungsebene als einzige Bezugsebene für die beiden Bündel zu verwenden, sondern die Entzerrung muß dann in mehreren parallelen Ebenen geschehen, wobei die Zahl dieser Ebenen von der verlangten Kartierungsgenauigkeit abhängig ist.

Aus der nachstehenden Figur sind die allgemeinen Verhältnisse des Aufnahmevorganges für extrem hügeliges Gelände ersichtlich:

O = Aufnahmeobjektiv, H = Flughöhe über Grund, d. h. über der Bezugsebene. a, b sind extreme Randstrahlen des Zentralstrahlenbüschels der Aufnahme.

Die Bezugsebene als Parallelebene zur Kartierungsebene sei als Horizontalebene in beliebiger Höhe in das Gelände gelegt. Damit ergibt sich N als Nadirpunkt der Platte in der Bezugsebene.

Die Geländepunkte A, B werden durch die Strahlen a, b in der Bezugsebene als Punkte A1 und B1 abgebildet. Die Orthogonalprojektion, die der Erstellung einer Karte zugrunde liegt, erzeugt aber die Punkte A2 und B2. Werden nun diese Verhältnisse im Entzerrungsvorgang betrachtet, so entsteht also bei der Reproduktion ein Kartierungs- bzw. Lagefehler, der dem Werte d1 bzw. d2 entspricht.

Wie aus obiger Abbildung ohne weiteres ersichtlich ist, sind die Kartierungsfehler von folgenden Faktoren abhängig:

- a) von der Flughöhe H; durch zunehmende Flughöhe wird d kleiner;
- b) vom Abstand n, das heißt vom Abstand des zu transformierenden Bildpunktes vom Nadirpunkt der Platte; je größer diese Distanz, um so größer der Kartierungsfehler.

Werden nun aber für die Entzerrung eines solchen hügeligen Geländes an Stelle von einer Bezugsebene mehrere Ebenen verwendet, wobei in jede derselben nur ein beschränkter Teil entzerrt wird, so kann bei der richtigen Zahl und Lage der Ebenen doch ein minimaler Kartierungsfehler erreicht werden (siehe Abb. 2).

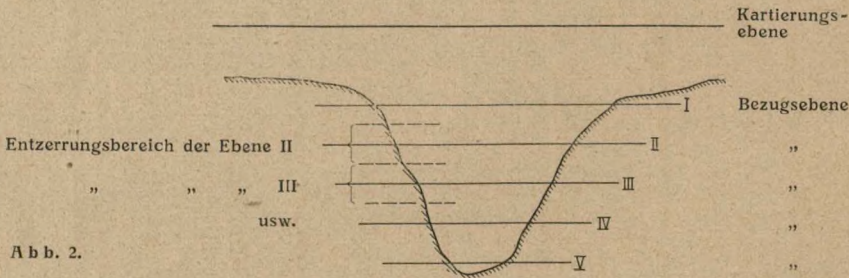


Abb. 2.

**b) Die Mechanik des Wild-Odenrantsschen Entzerrungsgerätes.**

Aus Abb. 3 ist die allgemeine Anordnung eines Entzerrungsgerätes ersichtlich. Das von der Lichtquelle L erzeugte Lichtbündel wird durch einen Reflektor oder Kondensator auf das in der Ebene A liegende Negativ geworfen, wobei dasselbe vom Entzerrungsobjektiv O auf einen durch B gelegten Projektionstisch abgebildet wird. Durch die richtige Wahl der Abstände OA und OB kann bei gegebener Flughöhe der verlangte Kartenmaßstab der Umbildung gefunden werden. Beträgt die Flughöhe bei der Aufnahme über Grund = H, so wird die Photographie im Entzerrungsgerät natürlich nicht zurück in die Landschaft, sondern in das im Maßstab 1 : m (Kartenmaßstab) verkleinerte Kartebild umprojiziert.

Um die Entzerrung durchführen zu können, ist es notwendig, daß die Negative auch die Projektionsebene in gewissen Grenzen beliebig geneigt werden können, wobei für dauernde Scharfabbildung stets die sogenannte Scheimpflugbedingung erhalten bleiben muß, d. h. die Negativ-, Objektivhaupt- und Projektionsebene müssen sich immer in einer Geraden schneiden. Ferner wird verlangt, daß das eingelegte Negativ beliebig um den Durchstoßpunkt der optischen Achse mit demselben gedreht

sowie auch aus später erwähnten Gründen in Richtung der Kippachse und normal dazu um einige Zentimeter verschoben werden kann.

Das automatische Wild-Odenkrantsche Entzerrungsgerät weist in der Lösung der oben kurz erwähnten Bedingungen einige konstruktive Vereinfachungen auf, die auch bei der Bedienung deutlich zum Ausdruck kommen. Um sich aber über die bauliche Anordnung der einzelnen Mechanismen und Betätigungsorgane ein genaues Bild machen zu können, ist es notwendig, vorerst die wesentlichsten theoretischen Bedingungen im Zusammenhang mit deren praktischer Ausführung näher zu umschreiben.

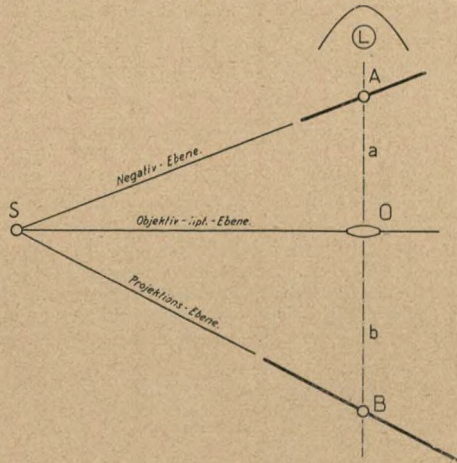


Abb. 3.

Die Bedingungen für ein Entzerrungsgerät, durch die für den Konstrukteur die sog. Freiheitsgrade resultieren, können prinzipiell in zwei Gruppen getrennt werden:

- a) optische Bedingungen,
- b) geometrische Bedingungen.

Während die ersteren hauptsächlich für die Bildqualität und Umzeichnungsbereiche ausschlaggebend sind, so haben die letzteren als sog. Perspektiv-Bedingungen einen Einfluß auf die Richtigkeit der Umbildung.

Um bei verschiedenen Vergrößerungen (der Bereich des Gerätes Wild-Odenkrants liegt zwischen  $\frac{1}{3}$  und 4fach linear) stets eine einwandfreie Scharfabbildung des Negativs zu besitzen, muß in jeder Stellung die Linsengleichung

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

erfüllt sein, worin

- a = Bildweite,
- b = Entfernung Projektionstisch—Objektiv,
- f = Brennweite des Entzerrungsobjektivs = 178 mm.

Obige Bedingung allein genügt jedoch nur bei Parallelstellung der Objektivhauptebene zu Negativ- und Projektionsebene. Sobald diese Ebenen zueinander geneigt werden müssen, tritt für die Scharfabbildung eine weitere Forderung hinzu: die sog. Scheimpflugbedingung, d.h. die drei Ebenen müssen sich stets in einer Geraden schneiden. Zugleich muß aber auch die Haupthorizontale des Negativs parallel zur erwähnten Schnittlinie sein. Während letzteres einfach durch Verdrehen des eingesetzten Negativs um den Plattenhauptpunkt erreicht werden kann, fordern die ersten zwei Bedingungen, sofern sie automatisch betätigt werden sollen, einen größeren Mechanismus.

Das Wild-Odenkrantsche Entzerrungsgerät verwendet für die Erfüllung der optischen Bedingungen einen sog. Schereninversor, kombiniert mit einer Schnittliniensteuerung. Währenddem der Schereninversor die Abstände von Negativ—Objektiv—Zeichenebene fixiert, so dient die Schnittliniensteuerung lediglich zur Einhaltung der Scheimpflugbedingung. Beide Mechanismen werden durch einen einzigen Fußantrieb zwangsläufig betätigt, wobei zwecks leichten Ganges des Triebes die Lasten durch Gegengewichte kompensiert werden.

Im nachfolgenden sei das Prinzip wie auch die praktische Ausführung kurz erwähnt (Abb. 4):

$f$  = Brennweite des Entzerrungsobjektivs.

$a$  = Bildweite.

$b$  = Abstand Objektiv—Projektionstisch.

Durch  $N$  sei normal zur Zeichnung die Drehachse des Negativs, durch  $O$  diejenige des Objektivs und durch  $Z$  diejenige des Zeichentisches gelegt:

Aus Abb. 4:

$$a = p + f - q$$

$$b = p + f + q.$$

Wenn  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  richtig ist, so gilt  $\frac{1}{p+f-p} + \frac{1}{p+f+q} = \frac{1}{f}$ , daraus folgt  $f^2 = p^2 - q^2$ .

Es ist aber auch

$$\left. \begin{array}{l} p^2 = u^2 - l^2 \\ q^2 = v^2 - l^2 \end{array} \right\} \text{ folglich } p^2 - q^2 = u^2 - v^2 = f^2.$$

Wenn die Schere derart dimensioniert ist, daß  $u^2 - v^2 = \text{konst.} = f^2$ , so erfüllen die Abstände  $a$  und  $b$  die Linsengleichung. Da beim Wild-Odenrantschen Entzerrungsgerät mit einem Entzerrungsobjektiv hinreichend auszukommen ist, so können die Inversorschienen nach der einmaligen Werkstattjustierung zu einem unveränderlichen Mechanismus ohne Verstellungsmöglichkeit zusammengesetzt werden. Das Entzerrungsobjektiv von 178 mm Brennweite genügt nämlich praktisch für alle zur Zeit vorhandenen Aufnahmegeräte und ist demzufolge nicht auswechselbar.

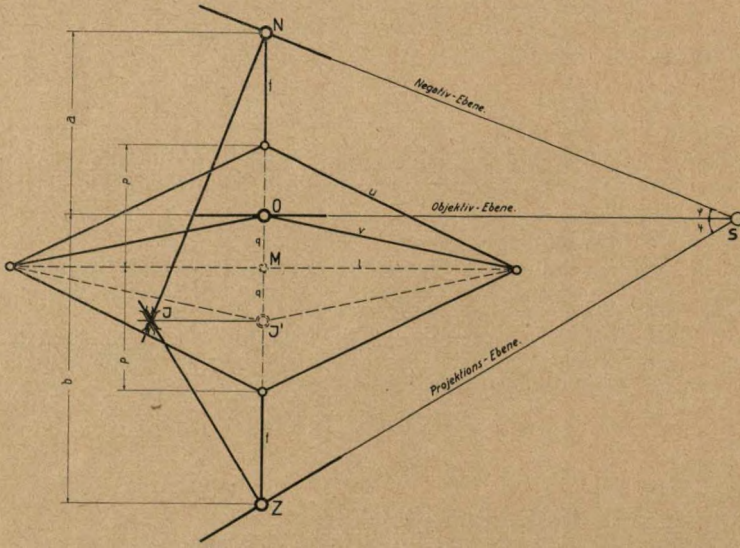


Abb. 4.

Werden in vorstehende Figur die Ebenen durch  $O$  und  $Z$  eingezeichnet, so ist durch die Lage der Objektiv- und Projektionsebene auch die Negativebene bestimmt. Die Schnittgerade  $s$  kann nun aus Gründen, die später unter den geometrischen Bedingungen erwähnt werden, stets in einer Horizontalebene durch das Objektiv liegen, d. h. das Objektiv muß nicht kippbar sein. Die Normalen in den Punkten  $N$  und  $Z$  der Negativ- bzw. Zeichenebene (Abb. 4) schneiden sich in einem Punkt  $J$ , der von der horizontalen Mittellinie des Scherensystems aus stets den gleichen, aber negativen Abstand besitzt wie das Entzerrungsobjektiv, d. h.  $J$  und  $O$  sind invers in bezug auf das Scherensystem. Diese Tatsache wird verwendet, um die Schnittliniensteuerung von der Scherenbewegung abzuleiten.

Die Schere wie auch die Schnittliniensteuerung befinden sich beim Wild-Odenrantschen Entzerrungsgerät auf der linken Seite, und zwar in vertikaler Lage angeordnet, wobei die erwähnten Punkte  $N$ ,  $O$ ,  $Z$  genau auf Höhe der betr. Achsen liegen. Der Fußantrieb wirkt normalerweise auf das Objektiv. Der Zeichentisch ist in Richtung der optischen Achse starr, und somit wird das Negativ zwangsläufig verschoben.

Der Antrieb des Steuerpunktes J, der eine inverse Bewegung zu O in bezug auf das Scherensystem ausführt, wird durch einen Zahnstangenmechanismus von der Scherenbewegung abgeleitet, welcher andererseits wiederum sinngemäß für die erwähnte Negativ- und Objektivbetätigung Verwendung findet.

Es sei A eine am Unterteil des Gerätes, N eine am Negativträger fixierte Zahnstange. Zwischen den beiden Stangen sitzt ein Zahnrad I mit dauerndem Eingriff in A und N. I ist lose auf einer Welle gelagert, die ein Zahnrad II von gleichen Dimensionen trägt wie I. II greift einerseits in eine Zahnstange O des Objektivträgers, andererseits in eine solche des Steuerpunktes J ein.

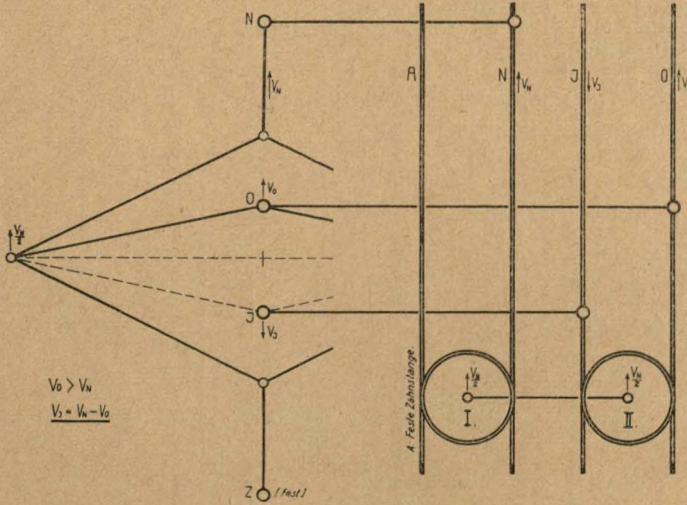


Abb. 5.

$$V_0 > V_N$$

$$V_J = V_N - V_0$$

Es sei:  $V_N$  = virtuelle Geschwindigkeit des Negativträgers, dann ist:

$$V_I = \frac{V_N}{2}, \text{ da } V_A = 0, \text{ folglich zwangsläufig } V_{II} \text{ auch } = \frac{V_N}{2}.$$

Für  $V_J$  ergibt sich dann als Resultierende =  $V_N - V_O$ , die in Wirklichkeit die inverse Geschwindigkeit zu  $V_O$  darstellt.

Daß der in Abb.5 dargestellte Antrieb für den Lenkerwagen richtig ist, beweist auch folgende Ueberlegung im Scherenmechanismus:

Der Scherenmittelpunkt M bzw. die beiden äußeren Gelenkpunkte besitzen stets die halbe Geschwindigkeit von N, also  $\frac{V_N}{2}$ . In bezug auf den Scherenmittelpunkt bewegt sich O gleich rasch nach oben wie J nach unten. Die Relativgeschwindigkeit von O gegenüber M ist aber gleich der Differenz der absoluten Geschwindigkeit von O und M; d. h.  $(V_O - \frac{V_N}{2})$ , folglich beträgt die absolute Geschwindigkeit von  $J = \frac{V_N}{2} - (V_O - \frac{V_N}{2})$  oder  $V_J = V_N - V_O$ , was dem Resultat des Lenkergetriebes entspricht.

Da der Steuerpunkt J außer in vertikaler Richtung zwangsläufig auch noch auf einem horizontalen Gleitstück willkürlich durch einen zweiten Fußantrieb verschoben werden kann, so ist es möglich, in jeder Vergrößerungsstellung die Zeichenebene in gewissen Grenzen beliebig zu neigen, ohne daß die optischen Bedingungen zerstört werden.

Von den Bedingungen, die für eine genaue perspektive Umbildung erforderlich sind, soll diejenige herausgegriffen werden, deren Erfüllungsmethode den wesentlichen Unterschied gegenüber anderen Geräten kennzeichnet und eine bedeutende konstruktive Vereinfachung ergibt. Um die praktische Auswirkung der theoretischen Ueberlegung vorauszunehmen, sei erwähnt, daß eine Korrekturneigung des Entzerrungsobjektives, wie sie bei anderen Geräten erforderlich ist, total in Wegfall kommt und an Stelle derselben eine empirisch zu bestimmende oder aus Tabellen zu entnehmende Verschiebung des Negativs in seiner Ebene normal zur Kippachse tritt.

Im ersten Falle braucht man für die Einpassung vier der Lage nach bekannte Geländeobjekte, im zweiten Falle genügen deren drei, da die Brennweite des Aufnahmeobjektivs als Bekannte für die Bestimmung der Negativverschiebung eingeführt wird.

Die Weglassung der Zusatzkippung des Objektivs hat zur Folge, daß irgendwelche Korrekturvorrichtungen zur Aufrechterhaltung der Scheimpflugbedingung überflüssig sind und die Fehlerquellenzahl verringert wird. Ferner bleibt als wesentlicher Faktor das projizierte Bild während der ganzen Entzerrungsoperation dauernd scharf abgebildet.

Zur Erklärung dieser Vereinfachung müssen vorerst kurz die Verhältnisse bei der Aufnahme betrachtet werden (siehe Abb. 6):

F = Brennweite der Aufnahmekamera.

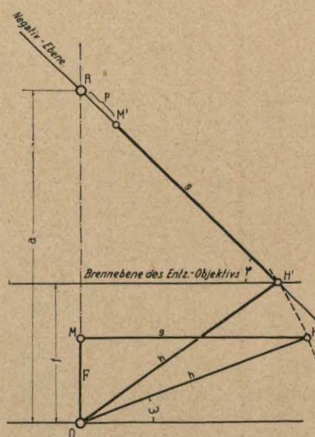
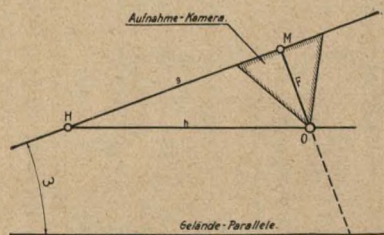
O = Aufnahme-Objektiv (hinterer Hauptpunkt).

M = Platten-Mittelpunkt.

H = Fluchtpunkt = Schnittpunkt einer Parallelen zur Zeichen- bzw. Kartenebene mit der Plattennormalen. Die Abbildung stellt die Aufnahme eines ebenen Geländes dar, wobei

$\omega$  = Kameraneigungswinkel sei.

Abb. 6 und Abb. 7.



Die obenerwähnte Perspektiv-Bedingung lautet nun: Die Fluchtlinie, d. h. die Abbildung aller unendlich fernen Kartenpunkte, bleibt Fluchtlinie für jeden beliebigen Neigungswinkel der Projektionsebene gegenüber der Bildebene. Das erfordert aber, daß die Strecken HO und HM erhalten bleiben. Ferner muß der Fluchtpunkt H der Negativebene in die Brennebene des Entzerrungsobjektivs zu liegen kommen. Daraus ergibt sich folgende Darstellung im Entzerrungsgerät:

F = Brennweite des Aufnahmeobjektivs.

f = Brennweite des Entzerrungsobjektivs.

$\omega$  = Neigung der Aufnahmekamera.

$\varphi$  = Neigung der Negativebene im Entzerrungsgerät.

p = Negativverschiebung.

h = Abstand Fluchtpunkt—Entzerrungsobjektiv.

g = Abstand Plattenmittelpunkt—Fluchtpunkt.

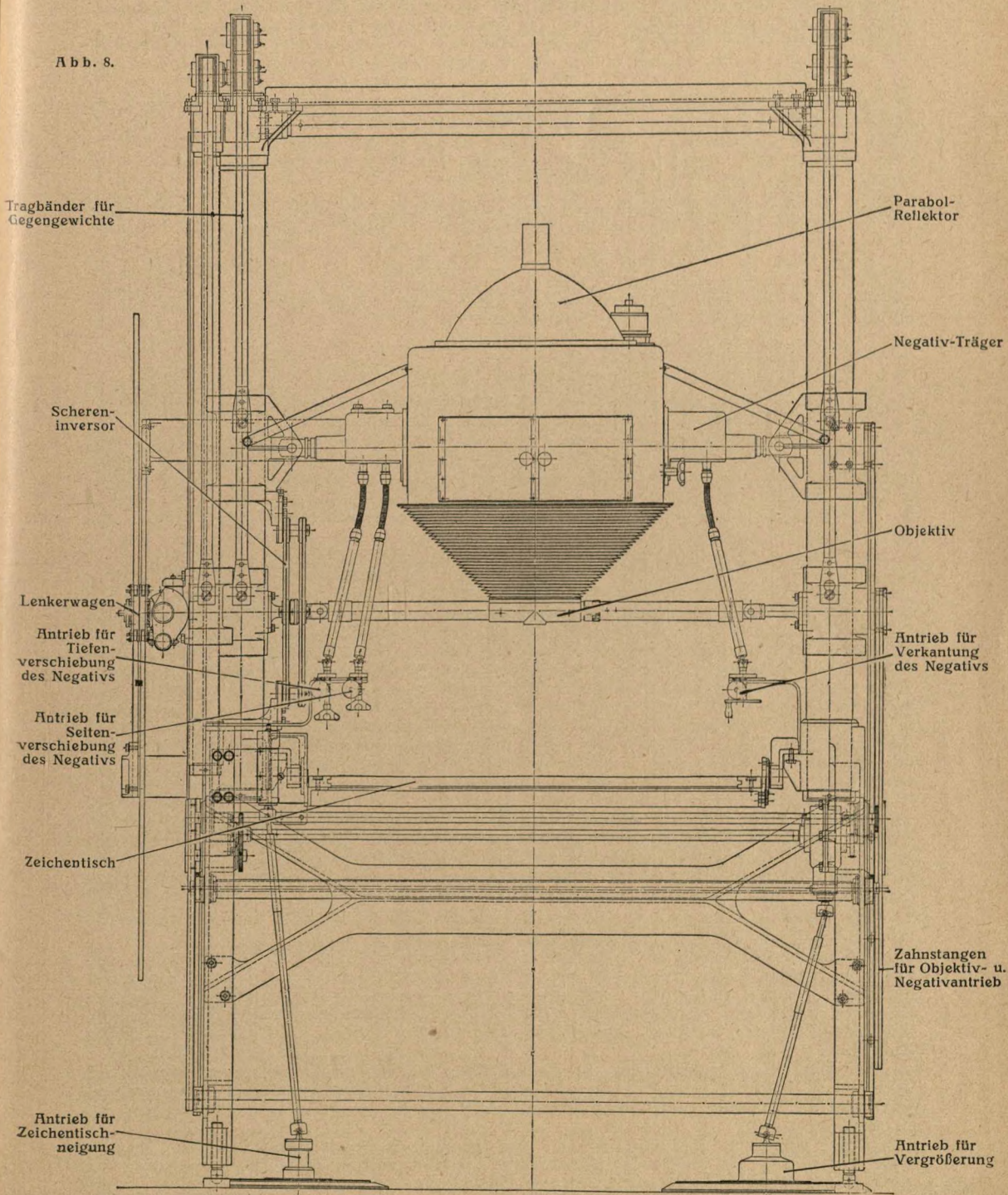
Das Dreieck O, M, H stellt gemäß Abb. 5 die Verhältnisse in der Aufnahmekamera dar.

Für die Entzerrung wird verlangt, daß h so lange um O gedreht wird, bis H in die Brennebene des Entzerrungsobjektivs fällt. Dies geschieht in der Praxis durch Kippung der Projektionsebene. Der Abstand a des Negativmittelpunktes vom Entzerrungsobjektiv ist bedingt durch die erforderliche Vergrößerung des Negativs, somit ist aber auch die Neigung  $\omega$  der Negativebene durch A und H' gegeben. Um nun die weitere Bedingung zu erfüllen, daß auch der Abstand Plattenmittelpunkt—Fluchtpunkt im Entzerrungsgerät erhalten bleibt, muß der ursprünglich in A liegende Plattenmittelpunkt nach M' verschoben werden. Durch diese Bewegungen sind nun sämtliche Perspektiv-Bedingungen erfüllt, ohne daß irgendwelche optischen Bedingungen zerstört werden müßten. Die Verschiebung p des Plattenmittelpunktes normal zur Kippachse des Negativs kann mit Hilfe des Pythagoras errechnet werden und lautet:

$$p = \sqrt{a^2 - 2af + \frac{F^2}{\sin^2 \omega}} - F \operatorname{ctg} \omega.$$



Abb. 8.



In dieser Formel ist  $p$  ausgedrückt als Funktion der Bildweite  $a$ , des Neigungswinkels der Aufnahmekamera  $\omega$  und der Brennweite der Aufnahmekamera  $F$  (letztere bleibt normalerweise konstant). Für die praktische Auswertung ist es aber vorteilhaft, daß  $p$  nicht als Funktion von obigen Werten bestimmbar ist, sondern von Größen, die im Gerät direkt ablesbar sind. Es sind dies die Neigung des Projektionstisches  $\psi$  und der Abstand des Hauptpunktes der Projektionsebene vom Entzerrungsobjektiv. Umgerechnet auf diese Werte lautet die Gleichung:

$$p = f \left\{ \sqrt{\frac{f^2}{(b-f)^2} + \text{ctg}^2 \psi} - \sqrt{1 - \frac{f^2}{f^2} + \text{ctg}^2 \psi} \right\}$$

Die Größen  $\psi$  und  $b$  sind nach der erstmaligen Neigungs- und Vergrößerungseinstellung sofort am Gerät ablesbar und ergeben an Hand von Tabellen die erforderliche Negativverschiebung  $p$  in der Normalrichtung zur Negativkippachse.

Es sei hier bereits erwähnt, daß die sog. Einpaßdaten, d. h. diejenigen Werte, durch welche die Lage eines eingepaßten Negativs eindeutig fixiert ist, unmittelbar am Gerät ablesbar sind und somit eine eventuell nochmalige Entzerrung in kürzester Zeit durchgeführt werden kann. Als solche Einpaßdaten gelten:

1. Abstand Zeichentischkippachse—Objektiv ( $b$ ).
2. Neigungswinkel des Zeichentisches ( $\psi$ ).
3. Verkantungswinkel des Negativs.
4. Verschiebung des Negativs normal zur Kippachse.
5. Verschiebung des Negativs in Richtung der Kippachse.

Die erwähnten Mechanismen bilden die wichtigsten Teile des Wild-Odenrantsschen Entzerrungsgerätes. Für ein bequemes und leichtes Arbeiten am Gerät ist es außerordentlich wichtig, daß die Antriebsorgane derart angeordnet sind, daß sie vom Operateur mühelos erreicht und betätigt werden können. Dieser wesentlichen Forderung genügt die Wildsche Konstruktion vollkommen, was auch aus der folgenden Beschreibung des Aufbaues hervorgeht.

#### c) Der konstruktive Aufbau des Wild-Odenrantsschen Entzerrungsgerätes.

Die in Richtung der optischen Achse verschiebbaren Teile (Objektivträger, Negativträger, Lenkerwagen für die Schnitliniensteuerung) laufen beiderseits des Zeichentisches mit rollengelagerten Führungsschlitten auf geschliffenen Stahlrohren, die ihrerseits unten in gußeisernen Ständer eingezogen sind und oben durch Querträger versteift werden. In den Rohren selbst bewegen sich die Gegengewichte zur Kompensierung der leicht verschiebbaren Teile, so daß bei der Bedienung der vorerwähnten Mechanismen nur noch die Reibung zu überwinden ist. Der Antrieb für die Einstellung der Vergrößerung, d. h. der Antrieb des Scherenmechanismus, sowie derjenige für die Negativ- und Zeichentischkippen befinden sich in Form von Fußscheiben unter dem Zeichentisch, und zwar derart angeordnet, daß der vor dem Zeichentisch sitzende Operateur bequem die Bewegungen ausführen kann. Damit praktisch zwischen der Bewegung des Objektivträgers und derjenigen des Negativträgers kein totes Spiel vorhanden wie auch ein einseitiges Klemmen ausgeschlossen ist, wird die Steuerung der Abstände des auf der linken Seite des Gerätes angebrachten Schereninversors durch Zahngetriebe auch auf die rechte Geräteite übertragen. Dabei werden aber die am Objektiv und Negativträger befestigten Zahnstangen zugleich sinngemäß für die in Abb. 5 schematisch dargestellte Lenkerwagenbewegung verwendet.

Der lineare Vergrößerungsbereich, der durch den Schereninversor erreicht wird, liegt zwischen einem Drittel und vierfach.

Die mittels des zweiten Fußantriebes veränderliche Neigung des Zeichentisches in den Grenzen von  $-5$  bis  $40^\circ$  bewirkt eine Verschiebung des Lenkerschnittpunktes  $J$  (Abb. 4) auf einem Verbindungsrohr  $J-J'$ , wobei die Neigung der Negativenebene zwangsläufig derart korrigiert wird, daß stets die Scheimpflugbedingung erhalten bleibt. Auch dieser Mechanismus befindet sich auf der linken Seite des Gerätes (siehe Abb. 8).

Der Zeichentisch bzw. Projektionstisch besitzt die Dimensionen  $80 \times 100$  cm, wobei diese Fläche dem Operateur vollkommen frei zur Verfügung steht, ohne irgendwie durch die seitlich angebrachten Mechanismen oder den Objektivträger behindert zu sein.

Das Entzerrungsobjektiv, das gemäß den theoretischen Ueberlegungen starr im seitlich geführten Objektivträger gelagert ist, besitzt eine Brennweite von 178 mm. Um bei den verschiedenen Operationen (Einpassen des Negativs, Belich-

tung usw.) die Beleuchtungsstärke variieren zu können, läßt sich die Objektivblende verändern in den Bereichen  $f/9$ ,  $f/12$ ,  $f/18$ ,  $f/24$  sowie auch ein Farbfilter verschieben, um das lichtempfindliche Papier für die Exposition vorzubereiten. Der äußere Rahmen des Negativträgers ist durch einen viereckigen konischen Lederbalgen mit dem Objektivaufsatz verbunden. Dieser Rahmen, auf dem in unveränderlichem Abstand ein Parabolreflektor mit der Lichtquelle sitzt, ist nicht kippbar, sondern wird nur in Richtung der optischen Achse verschoben. In dem vollkommen lichtdicht abgeschlossenen Gehäuse liegt der von außen gesteuerte Kippmechanismus. Trotz der variablen Neigung der Negativebene können die in dieser Ebene verlangten Bewegungen des Negativs durch einfache Getriebe von außen ausgeführt werden, wobei die Verschiebungs- oder Verdrehungsbeträge sofort ablesbar sind. Dabei ist speziell zu betonen, daß die Triebknöpfe durch die veränderliche Stellung des Negativs ihre Lage nicht ändern, sondern starr mit dem Unterteil verbunden bleiben. Die Triebknöpfe, wie auch die Meßskalen befinden sich etwa in Augenhöhe des Operateurs und sind mühelos erreichbar bzw. ablesbar, was unter Berücksichtigung, daß meistens im verdunkelten Raume gearbeitet werden muß, von wesentlicher Bedeutung ist (siehe Abb. 8). Die Verschiebungsbereiche des Negativs in Richtung der Kippachse betragen  $\pm 25$  mm; normal dazu  $\begin{matrix} + 25 \text{ mm} \\ - 60 \text{ mm} \end{matrix}$ ; der Verkantungsbereich 400%. Das im Entzerrungsgerät größtmöglich zu verwendende Plattenformat beträgt  $180 \times 240$  mm. Durch Verwendung von entsprechenden Einlagekassetten ist es möglich, jedes beliebige kleinere Format einzulegen.

Für die Auswertung von Filmaufnahmen kann der Platteneinlagerahmen ohne weiteres durch einen Filmspulenträger ersetzt werden, wobei die max. Filmbreite 240 mm betragen darf. Auch hier ist es möglich, durch Auswechseln der Spulen jeden Film geringerer Breite auszuwerten.

Die Möglichkeit, den Vorschub des Films von außen zu betätigen, ohne das Gehäuse zu öffnen, ergibt den Vorteil, daß bei nacheinander folgenden Expositionen einiger Aufnahmen kein schädliches Licht in den Operationsraum gelangen kann.

Die Lichtquelle selbst, die, wie schon erwähnt, in konstantem Abstand zum Negativ angebracht ist, besteht aus einer 500-Watt-Lampe, deren Glühfäden im Brennpunkt eines großen Parabolspiegels liegen. Eine dem Negativ vorgesezte Opalglasplatte sorgt für gleichmäßige Beleuchtung sowie auch für Schutz des Negativs vor zu großer Erwärmung. Der über dem Reflektor gelagerte Ventilator, dessen Tourenzahl entsprechend der Umgebungstemperatur regulierbar ist, saugt die erhitzte Luft aus dem Reflektor ab. Der Schalter für die Beleuchtung befindet sich unmittelbar neben dem Zeichentisch, womit es dem Operateur möglich ist, die Belichtung in sitzender Stellung entweder mit dem Farbfilter oder durch Ein- und Ausschalten der Lichtquelle auszuführen.

Die Gesamtabmessungen des Gerätes, die einen wesentlichen Einfluß auf die verwendbaren Räumlichkeiten haben, betragen: 105 tief  $\times$  170 breit  $\times$  270 hoch und das Totalgewicht etwa 600 kg.

Aus der vorliegenden Beschreibung ist ersichtlich, daß das Wild-Odenocrantsche Entzerrungsgerät in bezug auf die Auswertebereiche wie auch auf die äußeren Abmessungen den heutigen Forderungen vollkommen Rechnung trägt.

Die konstruktive Ausführung der Mechanismen bietet volle Gewähr für einwandfreies Funktionieren der einzelnen Organe. Durch die Tatsache, daß ein einziges Entzerrungsobjektiv für alle heute praktisch in Frage kommenden Aufnahmebrennweiten genügt, ist eine Dejustierung des Gerätes während des Betriebes ausgeschlossen, da alle wichtigen Teile durch eine stabile, zwangsläufige Mechanik gesteuert werden können.

### **Das selbstfokussierende Entzerrungsgerät Zeiss**

Der vorstehende Artikel enthält Angaben über Unterschiede und Vorteile des neuen Wild-Odenocrants-Entzerrungsgerätes gegenüber „anderen Geräten“, die in ihrer Verallgemeinerung uns veranlassen, festzustellen, daß diese Angaben sich jedenfalls nicht auf den Vergleich mit unserem bekannten selbstfokussierenden Entzerrungsgerät beziehen können. Das neue Wild-Odenocrants-Gerät braucht genau wie unser Gerät zwei Steuervorrichtungen, deren eine zur Einhaltung der Linsengleichung und deren andere zur Einhaltung der Scheimpflug-Bedingung erforderlich ist. Ein Unterschied liegt lediglich darin, daß bei unserem Gerät bei der Einhaltung der Scheimpflug-Bedingung die Neigung des Projektionstisches festgehalten wird und die Neigung der Objektivhauptebene sowie der Negativebene automatisch nachgesteuert werden, während bei Wild-Odenocrants gegenüber der festgehaltenen Objektivhauptebene die Neigung des Projek-

tionistisches und der Negativebene nachgesteuert wird. Zur Einhaltung der optischen Bedingungen bei wechselnden Neigungen und Vergrößerungen ist bei dem Wild-Odenocrants-Gerät an Stelle der bei unserem Gerät eingeführten zusätzlichen Objektivkipfung die bei unserem Gerät nicht erforderliche Verschiebung des Negativs in seiner Ebene normal zur Kippachse vorgesehen. Man hat also nur die weggelassene zusätzliche Objektivkipfung durch Einführung einer anderen Bewegung ersetzt und somit weder die Zahl der Korrekturvorrichtungen noch die der Fehlerquellen gegenüber unserem selbstfokussierenden Entzerrungsgerät verringert, das seit mehr als zehn Jahren bekannt ist und sich bewährt hat.

Dem aufmerksamen Leser der Beschreibung des neuen Entzerrungsgerätes Wild-Odenocrants dürfte nicht entgangen sein, daß die bei diesem Gerät zur Anwendung kommende und nach den Abbildungen 4 und 5 des vorstehenden Artikels beschriebene Steuerung eine Vorrichtung darstellt, die uns durch DRP. Nr. 452 072 vom 8. 10. 1924 geschützt ist.

Zeiss-Aerotopograph G.m.b.H., Jena.

## Ergebnisse einer Prüfung des Correctostat-Papieres

Von Prof. Dr. A. Buchholtz.

Eine von der Rigaer Vertretung der I.-G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Agfa dem Geodätischen Institut der Universität Lettlands freundlichst zur Verfügung gestellte Probepackung des Correctostat-Papieres (extra harte Emulsion) wurde zu einer Prüfung dieses Papieres hinsichtlich seiner Eignung für die Anfertigung von Luftbildplänen benutzt. Die von Herrn stud. Kazaks durchgeführte Untersuchung bezog sich sowohl auf die allgemeinen Eigenschaften des Papieres, als auch — und zwar hauptsächlich — auf die infolge des Entwickelns, Fixierens, Wässerns und Trocknens auftretenden Verziehungen.

Bekanntlich besteht das Correctostat-Papier aus vier Lagen: einer verhältnismäßig dünnen Unterlage aus photographischem Rohpapier, einer Aluminiumfolie, einer weißen Lackschicht und der darauf gegossenen photographischen Emulsion.

Als vor Beginn der eigentlichen Untersuchung am Rande eines Blattes ein etwa fünf Millimeter breiter Streifen vermittels eines scharfen Messers ohne Benutzung eines Lineals abgetrennt wurde, löste sich im abgeschnittenen Streifen die Aluminiumfolie teilweise von der Papierunterlage ab. Infolgedessen anfänglich entstandene Zweifel hinsichtlich des Aneinanderhaftens der einzelnen Lagen haben sich aber im Verlaufe der Untersuchung als unbegründet erwiesen. Weder am nassen, noch am trockenen Papier ist eine solche Ablätterung der einzelnen Lagen beobachtet worden, wenn das Besondere mit der gehörigen Sorgfalt erfolgte.

Ferner wurde die Beobachtung gemacht, daß beim Beschneiden zuweilen eine gewisse Aufkrepplung der Lack- und Emulsionsschicht am Schnitttrand erfolgte, wenn das Messer mit starkem Druck angesetzt wurde. Diese Erscheinung mag dadurch zu erklären sein, daß unter den erwähnten Umständen die Metallfolie am Schnitttrande ein wenig nach unten gebogen und dadurch eine lokale Ablösung der Lackschicht von der Aluminiumfolie hervorgerufen wird. Bei sanfterem Ansetzen des Messers und Benutzung einer glatten und harten Unterlage trat eine solche Aufkrepplung nicht ein.

Hinsichtlich seiner photographischen Eigenschaften unterscheidet sich das Correctostat-Papier nicht irgendwie wesentlich von den gewöhnlichen Gaslichtpapieren entsprechenden Härtegrades. Es trocknet verhältnismäßig schnell, und zwar treten beim Trocknen keine unregelmäßigen lokalen Krümmungen auf; das ungepreßte getrocknete Papier zeigt eine leichte, allgemeine, in bezug auf die Schichtseite konvexe Krümmung. Das normal belichtete und mit Metol-Hydrochinon entwickelte Correctostat-Papier liefert ein Bild von angenehmem, warmem, sepiagrauem Farbton. Ferner ist zu erwähnen, daß das Papier sich vorzüglich mit einem gewöhnlichen Bleistift behandeln läßt, sowie daß Bleistiftspuren vermittels eines weichen Radiergummis leicht und restlos getilgt werden können.

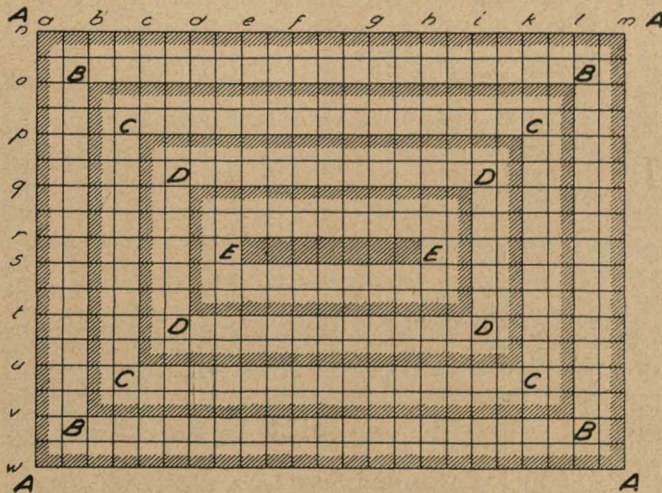
Zwecks einer eingehenderen Untersuchung hinsichtlich der Verziehungen wurde auf eine Spiegelglasplatte 18 × 24 cm mit feinen Linien ein Quadratnetz mit 1 cm Linienabstand aufgetragen. Von diesem Original wurden Kontaktkopien auf Correctostat-Papier genommen, um in der Kopie und im Original gemessene entsprechende Längen miteinander zu vergleichen.

Jede Länge wurde vermittels eines unmittelbar angelegten Millimetermaßstabs doppelt gemessen, wobei Bruchteile des Millimeters unter Zuhilfenahme einer Lupe nach Augenmaß geschätzt wurden. Das arithmetische Mittel einer solchen Doppelmessung wurde als endgültiger beobachteter Wert der betreffenden Länge zu Vergleichszwecken benutzt. Aus den Widersprüchen der Doppelmessungen wurde der mittlere Fehler

des arithmetischen Mittels einer Doppelmessung abgeleitet. Es ergab sich, daß der mittlere Fehler einer Doppelmessung für das Original und die Kopien fast gleich war und rund  $\pm 0,015$  mm ausmachte. Der einer Differenz zwischen den arithmetischen Mitteln korrespondierender Doppelmessungen im Original und in der Kopie anhaftende mittlere Messungsfehler beträgt also  $\pm 0,021$  mm.

Im erwähnten Quadratnetz wurden die Rechtecke A, B, C, D, E gewählt, um in diesen Rechtecken die den Linien a—m und n—w entsprechenden Höhen und Breiten zu messen (siehe Abb.). Diese Längen wurden im Original und in zwei Kopien — Nr. 1 und Nr. 2 — in der oben angedeuteten Weise gemessen. Die Widersprüche der korrespondierenden Messungen wurde in der Weise berechnet, daß von jeder in einer Kopie gemessenen Länge die entsprechende im Original gemessene Länge abgezogen wurde. Nimmt man an, daß diese Widersprüche durch Verziehungen der Kopie verursacht seien, so bedeuten positive Werte eine Dehnung, negative eine Schrumpfung der Kopie.

Auf solche Weise wurde jede Kopie zunächst bei einer Temperatur von  $+18^\circ$  C untersucht, und dann noch — mit einigen Auslassungen — bei  $+8^\circ$  C. Außerdem wurde



Nr. 1 schließlich mit Pelikanol-Klebstoff auf eine mit Zeidenpapier kaschierte Aluminiumplatte aufgeklebt und nach völligem Austrocknen nochmals ausgemessen. Die durch solche vergleichende Messungen ermittelten Verziehungen der untersuchten Kopien sind in den Tabellen 1 und 2 angegeben. Tabelle 1 enthält die Verziehungen in der Breitenrichtung der  $18 \times 24$  cm großen Kopie, während aus Tabelle 2 die in der Längsrichtung ermittelten Verziehungen ersichtlich sind.

Wegen der sehr geringen Anzahl der untersuchten Kopien können die hier mitgeteilten Ergebnisse nur gewissermaßen als Stichproben bezüglich der Maßhaltigkeit des Correctostat-Papieres gelten. Ferner ist zu beachten, daß im Hinblick auf die früher gemachten Angaben über den aus Doppelmessungen berechneten mittleren Beobachtungsfehler eines Widerspruchs zwischen Kopie und Original der entsprechende Maximalfehler mit etwa  $\pm 0,06$  mm zu veranschlagen ist. Da die beobachteten Verziehungen zum weitaus größten Teil unterhalb dieser Grenze liegen, muß also mit einer sehr beträchtlichen Verschleierung der Ergebnisse durch die Beobachtungsfehler gerechnet werden. Eine ausführliche Diskussion dieser Ergebnisse kommt daher nicht in Frage. Immerhin mag hier auf einige Umstände hingewiesen werden, ohne daraus irgendwelche allgemeine Folgerungen zu ziehen.

Verhältnismäßig große Verziehungen in der Richtung der Linien a—m haben sich für solche Strecken ergeben, deren Endpunkte sich in der Nähe der Längsränder der Kopie befinden. In der Richtung der Linien n—w verlaufende Strecken weisen die größten Verziehungen dann auf, wenn ihre Endpunkte etwa 45 mm von den entsprechenden Schmalrändern der Kopie entfernt sind. Durch das Aufkleben scheint eine gewisse allgemeine Dehnung der Kopie verursacht worden zu sein.

Das wesentlichste Ergebnis der Untersuchung ist wohl darin zu erblicken, daß die beobachteten Verziehungen im allgemeinen sehr klein sind und in ihrem absoluten

Tabelle 1.

Kopie	Rechteck	Länge in mm	Verziehungen (in $\frac{1}{100}$ mm) in den Richtungen											
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
Nr. 1 unaufgeklebt bei +18° C	A	170	+8	-1	+2	+8	+8	+6	+5	+2	+2	+2	+5	+5
	B	150		0	-2	0	0	-2	-2	-6	-5	-5	-2	
	C	90			-2	+1	-2	-5	-2	0	+1	-2		
	D	50				-5	-5	-2	-1	-2	-2			
	E	10					+2	0	-5	0				
Nr. 1 unaufgeklebt bei +8° C	A	170	+8				+1			0				0
	B	150		-1					-7				-7	
	C	90			-2				-4			-5		
	D	50				-2			-1		-5			
	E	10					+2		-5	0				
Nr. 1 aufgeklebt	A	170	+10	+8	+4	+10	+7	+8	+9	+6	+8	+6	+6	+6
	B	150		+2	+2	+2	+7	+4	+2	+1	+2	0	0	
	C	90			+2	+8	+1	+2	+4	+4	+4	+1		
	D	50				+1	+1	+1	-1	0	0			
	E	10					-2	0	-5	0				
Nr. 2 unaufgeklebt bei +18° C	A	170	+5	0	+2	+10	+6	+6	+6	+1	+4	+5	+4	+5
	B	150		0	-2	+1	+1	+1	+1	-2	-5	0	0	
	C	90			+5	+8	+2	0	0	-1	+1	-2		
	D	50				-2	-2	-2	-1	-1	0			
	E	10					+2	-1	-5	0				
Nr. 2 unaufgeklebt bei +8° C	A	170	+8				+2			+1				-2
	B	150		-1					-5				-6	
	C	90			0				-2			-2		
	D	50				0			-2		-2			
	E	10					+2		-5	-1				

Maximum nur 0,12 mm für die unaufgeklebte bzw. 0,14 mm für die aufgeklebte Kopie erreichen. Beide Maxima beziehen sich auf eine Strecke von 150 mm, machen also weniger als 0,1 Prozent der betreffenden Streckenlänge aus. Da der maximale beobachtete Widerspruch zwischen Kopie und Original ungefähr an der Grenze der Zeichengenauigkeit liegt, so kann wohl gesagt werden, daß die untersuchten Kopien sich als praktisch verziefungsfrei erwiesen haben.

Anschließend soll noch eine andere, ebenfalls im Geodätischen Institut der Universität Lettlands ausgeführte Arbeit erwähnt werden, deren Ergebnisse recht deutlich zugunsten des Correctostat-Papieres sprechen. Es handelt sich hierbei um einen kleinen, aus sieben entzerrten Einzelbildern zusammengeführten Luftbildplan des Städtchens Kuldiga im Maßstabe 1 : 5000. Dieser Luftbildplan wurde in zwei Exemplaren angefertigt, wobei einmal Agfa-Lupex-Papier, das andere Mal Correctostat-Papier verwendet wurde. Beide Pläne wurden einer Genauigkeitsprüfung unterzogen, indem in jedem die Koordinaten von 45 Kontrollpunkten abgegriffen und mit den entsprechenden, aus terrestrischen Messungen bekannten Sollwerten verglichen wurden. Es ergaben sich folgende Werte der mittleren Koordinatenfehler:

- für den Luftbildplan auf Agfa-Lupex-Papier:  
 $m_x = \pm 2,6$  m     $m_y = \pm 2,2$  m,
- für den Luftbildplan auf Correctostat-Papier:  
 $m_x = \pm 1,8$  m     $m_y = \pm 1,5$  m.

Tabelle 2.

Kopie	Rechteck	Länge in mm	Verzerrungen (in $1/100$ mm) in den Richtungen									
			n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
Nr. 1 unaufgeklebt bei + 18° C	A	230	+ 2	0	- 2	- 2	- 2	- 1	0	+ 2	0	+ 2
	B	190		+ 2	+ 5	+ 2	+ 1	- 3	- 8	- 2	0	
	C	150			+ 8	+ 6	+ 4	+ 6	+ 12	+ 8		
	D	110				+ 1	- 2	- 5	- 1			
	E	70					- 2	0				
Nr. 1 unaufgeklebt bei + 8° C	A	230	+ 4			- 4			- 2			0
	B	190		0			- 2				0	
	C	150			- 2		0			+ 2		
	D	110				0	- 4		- 1			
	E	70					- 4	- 1				
Nr. 1 aufgeklebt	A	230	+ 4	+ 6	+ 2	- 4	- 2	0	0	+ 5	+ 5	+ 5
	B	190		+ 6	+ 5	+ 5	+ 2	+ 2	- 2	+ 1	+ 1	
	C	150			+ 8	+ 8	+ 6	+ 6	+ 14	+ 8		
	D	110				+ 4	- 2	- 5	+ 5			
	E	70					0	0				
Nr. 2 unaufgeklebt bei + 18° C	A	230	+ 2	+ 2	0	- 4	- 2	0	- 1	- 4	- 1	- 1
	B	190		+ 4	+ 4	+ 2	0	- 4	- 5	0	- 2	
	C	150			+ 5	+ 5	+ 5	+ 4	+ 10	+ 4		
	D	110				0	- 2	- 4	0			
	E	70					- 2	0				
Nr. 2 unaufgeklebt bei + 8° C	A	230	+ 2			- 4			- 1			+ 1
	B	190		+ 2			0				- 2	
	C	150			+ 5		+ 4			+ 2		
	D	110				0	- 5		- 1			
	E	70					- 2	- 1				

Da beide Pläne im übrigen unter gleichen Umständen angefertigt wurden, lassen die im zweiten Fall erheblich kleineren Werte der Koordinatenfehler auf eine entsprechend vollkommenere Maßhaltigkeit des Correctostat-Papieres schließen. Die auch im zweiten Falle immerhin nicht unbeträchtlichen mittleren Koordinatenfehler dürften wohl hauptsächlich durch die recht bedeutenden Höhenunterschiede des Aufnahmegeländes verursacht sein. Auch mögen etwaige Mängel der Entzerrungsunterlagen, Unvollkommenheiten des benutzten Entzerrungsgerätes und dessen Einstellung als mehr oder weniger einflußreiche Fehlerquellen mitgewirkt haben.

### Kleine Mitteilungen

Vortragsabend der Ortsgruppe Berlin der Deutschen Gesellschaft f. Photogrammetrie E. V.

Am 9. Februar 1954 veranstaltete die Ortsgruppe Berlin der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie unter Leitung von Regierungsrat Dr.-Ing. Lüscher einen Vortragsabend in den Räumen des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule in Charlottenburg, auf dem Dr. Richard Finsterwalder über die „Geodätischen und photogrammetrischen Aufgaben der deutschen Himalaja-Expedition 1954“ sprach. Der deutschen Himalaja-Expedition, für die der Reichssportführer v. Tschammer und Osten das Protektorat übernommen hat und die mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft und des Deutsch-Oesterreichischen Alpenvereins durchgeführt wird, wird allerseits das größte Interesse entgegengebracht. Davon zeugte auch der starke Besuch des Abends. Außer Behördenvertretern nahmen auch Vertreter des Reichssportführers

sowie Exzellenz Schmidt-Ott von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft und der Vorsitzende des Deutsch-Oesterreichischen Alpenvereins sowie namhafte Wissenschaftler, wie Geheimrat Penck, Geheimrat Kohlschütter und andere mehr, teil. Dr. Richard Finsterwalder, der an der Expedition selbst teilnimmt und dem die photogrammetrischen Aufnahmen des etwa 5000 Quadratkilometer umfassenden Expeditionsgebietes obliegen, gab an Hand von Lichtbildern einen Ueberblick über die von zahlreichen Achtausendern überragten Gebirgsketten und umriß die Arbeitsweise, nach der die photogrammetrischen Arbeiten durchgeführt werden sollen. (Vgl. auch den diesbezüglichen Aufsatz von Dr. Richard Finsterwalder in „Allgemeine Vermessungs-Nachrichten“ 1954, Nr. 8.)

Die Frage, weshalb man das Gebirge nicht vom Flugzeug aus kartographiere, beantwortete Dr. Finsterwalder dahin, daß die Luftbildmessung von Hochgebirgen beim Fehlen zahlreicher Festpunkte sehr unsicher und teuer sei. Ferner können bei einer 8000 m hohen Massiv die Flughöhen nicht groß genug gewählt werden, um durch die Aufnahme genügend große Gebiete zu erfassen. Wenn „Graf Zeppelin“ bei seinem Arktisflug gute Luftbildmessungen vollbrachte, so liegt das in der Hauptsache an der Einfachheit des arktischen Geländes, das nur Höhen von einigen 100 m aufweist und durch die Küstenlinien eindeutig umrissen ist.

Der aufschlußreiche Vortragsabend wurde von Regierungsrat Dr. Lüscher mit dem Wunsche geschlossen, daß die Expeditionsteilnehmer im kommenden Winter von dem Erfolg ihrer wissenschaftlichen Arbeiten berichten können.

## XII. Jenaer Einführungskursus in die Photogrammetrie.

Die von Prof. Dr. Pulfrich begründeten und seit einigen Jahren von den Herren Prof. Dr. v. Gruber und Prof. Dr. Hugershoff fortgesetzten Einführungskurse in die Photogrammetrie haben sich so bewährt, daß sie jetzt zweimal im Jahre stattfinden. Der diesjährige Herbstkursus, der XII. Einführungskursus, findet vom 24. bis 30. September in Jena statt. Am diesjährigen Frühjahrskursus nahmen 27 Herren aus zehn verschiedenen Ländern teil.

Der Kursus wird in deutscher Sprache abgehalten. Herren aus dem Auslande ist aber Gelegenheit gegeben, die gewünschten Erklärungen auch in englischer oder französischer Sprache zu erhalten.

Im Anschluß an die Vorträge finden Vorführungen der zugehörigen Instrumente statt in Verbindung mit einer Aussprache über die in den Vorträgen behandelten Gebiete.

Da die Teilnehmerzahl beschränkt ist, ist baldige Anmeldung bei der Zeiss-Aerograph G.m.b.H., Jena, Postfach 117, zu empfehlen. Programme und weitere Auskünfte sind auf Anforderung von der Zeiss-Aerograph G.m.b.H. Jena erhältlich.

## Bücherbesprechung

**Lehrbuch der Stereophotogrammetrie** mit besonderer Berücksichtigung der Geräte der Firma Wild in Heerbrugg. Von Dr.-Ing. e. h. C. F. Baeschlin, Professor für Geodäsie und Topographie an der eidgen. Techn. Hochschule Zürich, und Dr. sc. techn. M. Zeller, Dozent für Photogrammetrie an der eidgen. Techn. Hochschule Zürich, mit zwei Beiträgen von Dr. sc. techn. h. c. Heinrich Wild. 509 Textabbildungen, eine Kartenbeilage, 515 Seiten. Verlag: Orell Füßli, Zürich und Leipzig. Preis: broschiert 35,20 RM., gebunden 38,40 RM.

Ueber das Meßbildwesen, das sich durch die Fortschritte in der Luftbildverwendung in den letzten 15 Jahren zu einem neuen, wichtigen Zweige des Vermessungswesens herausgebildet hat, ist um das Jahr 1950 eine ganze Reihe von Hand- und Lehrbüchern erschienen, von denen insbesondere die von Prof. Dr. Gast, Prof. Dr. v. Gruber, Prof. Dr. Hugershoff, Dr. Sarnetzky, Olivier und Chef-Ing. Roussille zu nennen sind und die 1953 im Handbuch für Vermessungswesen, Jordan-Eggert, Band II, Teil 2, eine für den Vermessungsfachmann zweckmäßige Zusammenfassung erfahren haben. Im Gegensatz zu den vorgenannten Werken ist das neue Buch vor allem der Einrichtung und Verwendung der stereophotogrammetrischen Geräte der Firma Wild gewidmet. Baeschlin, der als Geodät Weltruf genießt, und Zeller, der seit annähernd zehn Jahren den Wildautographen in Theorie und Praxis eingehend kennengelernt und verschiedene Hochschulkurse darüber abgehalten hat, waren die geeignetsten Männer, alle Erfahrungen über die Spezialausrüstung dieser schweizerischen Firma, die im Laufe der Jahre auch bei der schweizerischen Vermessungsdirektion und der eidgen. Landestopographie gesammelt worden sind, zu einem umfassenden Lehrbuch zusammenzufassen.



Trotz des großen Umfanges von über 500 Seiten greift dieses Werk aus dem weiten Gebiet des Meßbildwesens nur die Raumbildmessung heraus. Die außerhalb der Schweizer Berge so wichtige Entzerrungsphotogrammetrie ist dagegen nur im Vorwort unter Anführung des automatischen Geräts von Zeiss (Jena) kurz gestreift. Das Bestreben, die von der Firma Wild gebauten Geräte hervorzuheben, hat auch dazu geführt, daß man über Stereomikrometer, Stereokomparatoren und den alterproben, in fast allen Kulturländern mit großem Nutzen verwandten Stereoautographen v. Orel-Zeiss in diesem Buche recht wenig findet. Andere Zweige der Photogrammetrie als geodätische sind nur insoweit gestreift, als die seit 1906 bekannte Stereometerkammer von Pulfrich, die auch von Hugershoff eine Ausbildung erhielt, für Tatbestandsaufnahmen in Ausführungsformen der Firma Wild wieder zu neuer Anwendung kam. Man bedauert, daß die Doppelbildwerfer, von denen Gasser das gerade für den Unterricht so instructive erste Gerät um 1916 herausbrachte, nur erwähnt, aber nicht einmal kurz zur Darstellung gekommen sind. Da die geschichtliche Entwicklung nur stellenweise gestreift ist, ist auch nicht angeführt, daß Gasser schon 1915 (DRP. 506 585) die Anwendung des Prinzips des Bildmeßtheodoliten für die räumliche Luftbildmessung angegeben hat, die ja später in verschiedenen Geräten, wie z. B. dem von Wild, praktische Ausführungsformen erhielt.

Da das Buch erst kurz vor Redaktionsschluß des vorliegenden Heftes erschien, kann im übrigen auf Einzelheiten noch nicht eingegangen werden. Dies sei den Spezialisten überlassen.

Trotzdem vielleicht der eine oder andere noch anderes bemängeln wird, kann den Autoren nicht das hohe Verdienst abgesprochen werden, in diesem wissenschaftlich hochstehenden Werke so manche für die Anwendung der Photogrammetrie im Vermessungsfach wichtige und beachtliche Erfahrung und damit die Ergebnisse ihrer langjährigen Forscherarbeit übersichtlich geordnet zusammengestellt zu haben.

Aus dem Inhalt sei folgendes mitgeteilt: Anschließend an eine Einleitung gliedert sich das Werk in drei Hauptabschnitte.

Der erste Hauptteil (Allgemeines über Stereophotogrammetrie) umfaßt acht Kapitel. Im Kapitel 1 finden wir die wichtigsten theoretischen Grundlagen mit eingehenden Formelableitungen. Kapitel 2 bringt einiges über Objektive, Verschlüsse und den Einfluß des Kornes der photographischen Schicht. Kapitel 3 enthält Ergänzungen zur Optik und Abbildungslehre. Kapitel 4 behandelt von den Auswertegeräten den Stereoplaniographen Zeiss, den Aerokartographen Hugershoff, den Stereotopographen Poivilliers (diese verhältnismäßig kurz) und recht eingehend den Wild-Autographen. Kapitel 5 geht auf die Fehlertheorie ein. Kapitel 6 spricht über das stereoskopische Sehen und Messen. Kapitel 7 behandelt den mittleren Fehler autographisch bestimmter Punkte und Kapitel 8 die innere Orientierung von Meßkammern.

Der zweite Hauptabschnitt ist der Erdbildmessung gewidmet und enthält sechs Kapitel. Kapitel 9 bringt Aufnahmegeräte von Zeiss, Hugershoff und Wild. Zur Ergänzung dieses Kapitels sei erwähnt, daß schon 1892 das eidgenössische Büro einen kippbaren Phototheodoliten nach dem System von Prof. Koppe (Braunschweig) baute. Die Universalauswertemaschinen der Neuzeit brachten bekanntlich diesen alten Geräten neue Bedeutung. Kapitel 10 behandelt die terrestrische Feldarbeit und Kapitel 11 die Auswertung am Wild-Autographen. Kapitel 12 bringt Fehleruntersuchungen, Kapitel 13 terrestrische Photogrammetrie bei Forschungsreisen und Kapitel 14 die Nahphotogrammetrie mit der Wild-Apparatur.

Der dritte Hauptabschnitt (Luftphotogrammetrie) gliedert sich in sieben Kapitel: Im Kapitel 15 finden wir verschiedene Einfach-Magazin- und Mehrfachkammern sowie etwas über Bildweitenbestimmung. Kapitel 16 (Aufnahmefälle für Stereoluftbildmessung) geht auf das Vermessungsflugzeug, die Steil- und die Schrägaufnahmen ein. Kapitel 17 spricht vornehmlich über die gegenseitige Orientierung und Kapitel 18 über die äußere Orientierung und Auswertung am Wild-Autographen. Im Kapitel 19 ist die Bestimmung von Paßpunkten aus Luftbildern, der Folgebildanschluß und die Bildtriangulation mit der Aschenbrenner-Kammer behandelt. Kapitel 20 betrifft Fehleruntersuchungen und Arbeitsergebnisse, wobei über Auslandsarbeiten mit dem Wild-Autographen wenig zu finden ist. Im letzten Kapitel (21) stellt Prof. Baeschlin zusammen, für welche Fälle der intensiven und extensiven Vermessung nach den schweizerischen Erfahrungen die Verwendung der Photogrammetrie rationell ist.

Sachregister und Literaturverzeichnis schließen sich an. Man wundert sich, hier nur 41 Literaturstellen zu finden, während z. B. Gast 1950 schon deren 314 brachte und seitdem das photogrammetrische Schrifttum noch wichtige Vermehrungen erfahren hat. Be-

kannte Autoren, wie Doležal, Dock, Scheimpflug, Hübl, Meydenbauer, Koppe, Pulfrich, Hegershoff, Gasser, Gürtler, Roussilhe, Sacconey, Eggert, Lacmann, Werkmeister u. dgl., sucht man hier vergebens.

Zusammenfassend sei gesagt, daß dieses Buch die beste Auskunft über die Grundlagen, den Aufbau und die Verwendung der Wild-Apparatur bringt. Es wird also vor allem für diejenigen zu empfehlen sein, die sich für diese schweizerischen Geräte und Erfahrungen interessieren. Für den Vermessungsstudenten im allgemeinen geht es zu viel auf Einzelheiten ein, ohne über die weltbekannten deutschen Geräte und Verfahren Hinreichendes zu bringen. Aber Lehrstätten für Photogrammetrie werden gut tun, dieses aus reicher Erfahrung geschöpfte Werk, das vom Verlag aufs beste ausgestattet ist, zu beschaffen. O. K.

**Surveying from air photographs by Captain M. Hotine.** Royal Engineers. London 1951. 250 S., Großoktav mit 102 Abb. und 7 Lichtdrucktafeln. Besprochen von Seb. Finsterwalder in München.

„Fern von Europa“ ist das richtige Kennwort für dieses selbständige Werk, das aus einem ganz anderen Gesichtspunkt heraus geschrieben ist, als wir es gewohnt sind, und dementsprechend beurteilt werden muß. Der Verfasser ist ein erfahrener Praktiker auf dem Gebiete der Vermessung aus der Luft, ein begeisterter Anhänger der stereoskopischen Meßmethode, mathematisch geschult und erfindungsreich und dabei ein Verächter der automatischen Meßgeräte. „Surveying“ ist für ihn nicht in erster Linie Herstellung einer genauen Karte, sondern Gewinnung eines Ueberblickes über das, was das Land bietet und was zu seiner Ausbeutung nötig ist. Wenn das durch eine rohe Skizze der geographischen Züge des Gebietes, verbunden mit einer wohlgeordneten Mappe von stereoskopischen Luftaufnahmen, zu erreichen ist, um so besser. Höhenschichten sind im allgemeinen eine unnötige und kostspielige Belastung der Karte, einzelne Höhenangaben, zusammen mit Formlinien nach dem Eindruck des Raumbildes entworfen, tun meist den gleichen Dienst. Für viele ist damit das Werk schon gerichtet und wird als veraltet gelten, aber sie mißachten dann einen reichen Schatz an Theorie und Erfahrung, dessen Hebung allerdings viel Geduld erfordert, sich aber sicher lohnt. Dazu mögen diese Zeilen beitragen.

Ich übergehe dabei die für sich selbst sprechenden Ausführungen über den Nutzen, den man auch ohne Anstellung von Messungen aus der bloßen stereoskopischen Betrachtung von Luftbildern ziehen kann, und bemerke nur, daß Hotine dabei ein zusammenlegbares Spiegelstereoskop von Barr und Stroud benutzt, das mit Glasgittern, unter welche die Papier- oder Zelluloidkopien gelegt werden, ausgestattet ist, und das Zusammenfallen des Raumbildes des Geländes mit jenem des Gitters beurteilen läßt. In einem Kapitel über ebene Perspektive findet sich eine sehr praktische Konstruktion von Möbiusschen Netzen, sowohl aus vier Punkten, wie auch aus dem natürlichen Horizont unter Berücksichtigung seiner Depression infolge der Erdkrümmung. Bei der ausführlichen Untersuchung der Konstantenbestimmung der einfachen und gekoppelten Kammern wird nur das Gesichtsfeld zwischen parallelen Plattenrändern, nicht aber jenes in der Diagonale des Plattenformats zugrunde gelegt und damit auf die Prüfung der Perspektive in den Plattenecken verzichtet, obwohl dieselbe bei den Ausmeßmethoden dort sehr in Anspruch genommen wird. Und nun zu den Mappierungsmethoden selbst. Zuerst werden jene behandelt, die sich mit einer einfachen Ueberdeckung des Geländes mit Photographien begnügen und demgemäß auf die Darstellung des Reliefs verzichten müssen. Hier wird das kanadische System, das auf der Laurentinischen Seenplatte in ausgedehntem Maße Verwendung fand, hervorgehoben. Man macht Schrägaufnahmen, die noch den Horizont enthalten, also etwa  $25^\circ$  unter den Horizont gerichtet sind. Solche Schrägaufnahmen werden in der Vorwärtsrichtung des Fluges und unmittelbar darauf mittels Anschlägen unter  $45^\circ$  nach links und rechts verdreht gemacht, wodurch jeweils drei Bilder entstehen, die an den Seitenrändern übergreifen. Von diesen Bildern wird nur der jeweilige Vordergrund bis etwa zum Hauptpunkt benutzt, und zwar wird ihnen ein perspektivisches Netz aufgelegt, das die Hauptsenkrechte enthält und einem Quadratnetz auf dem Boden von 200 m Seitenlänge entspricht. Man hat für die in Betracht kommenden Neigungswinkel und Flughöhen über Boden eine größere Auswahl von solchen Netzen zur Hand, unter denen das passende ausgesucht wird. Die Neigung wird durch die Lage des abgebildeten Horizontes zum Bildrande bestimmt, für die Höhen kommen Aneroidablesungen, verbunden mit Statoskopbeobachtungen, in Anwendung. Auf dem Mittelbilde werden im Mittelgrunde und im Vordergrund je zwei markante Punkte ausgewählt, die auch auf den Seitenbildern vorkommen. Sie werden in das jeweilige Bodennetz eingetragen, und ihre gegenseitige

Entfernung, die auf den verschiedenen Bodennetzen gleich sein muß, prüft Flughöhe und Neigung der zugehörigen Aufnahmen. Außerdem dienen sie zur Verknüpfung der Seitenaufnahmen mit der Vorwärtsaufnahme sowie zur Aneinanderreihung der Vorwärtsaufnahmen. Diese Art der Aneinanderreihung würde jedoch eine schädliche Verkrümmung des Flugstreifens in der Karte nicht verhindern können, und deswegen wird auf der ersten Mittelaufnahme des Streifens eine in der Fahrtrichtung verlaufende Gerade eingezeichnet, die dann mittels zusammengehöriger Punkte in die nächste Mittelaufnahme übertragen wird, und nach gehöriger Verlängerung in die dritte usw. Wird dann diese Gerade mittels der Netze der Mittelaufnahmen stückweise in die entsprechenden Bodennetze übertragen, so müssen die Stücke dort wieder eine Gerade bilden, was einen guten Schutz gegen die einseitige Verkrümmung des kartierten Flugstreifens abgibt. Die Kartierung des Flugstreifens selbst besteht zunächst nur in der Eintragung der Hauptsenkrechten der einzelnen Bilder in den Plan, dazu kommen die Verknüpfungspunkte, die Lagen der Hauptpunkte und endlich die durchgehende, auf den Bildern abgesteckte Gerade. Die Einzelheiten des Geländes werden mit Hilfe des jeder Aufnahme zugehörigen Bodennetzes kartiert, wobei zu beachten ist, daß diese Bodennetze je nach Neigung und Richtung der Aufnahme verschieden gelagert sind. Das Zusammenfallen der Verknüpfungspunkte übergreifender Aufnahmen bewirkt die Uebereinstimmung der aus ihnen kartierten Einzelheiten in der Umgebung dieser Punkte. Die Genauigkeit der Karte ist bei dieser Art der Aufnahme durch die Fehler der barometrischen Höhenmessung begrenzt und dürfte ein Hundertstel kaum überschreiten. Sie kann durch Vergleich mit astronomisch bestimmten Anschlußpunkten in Gegenden ohne große Lotabweichung gesteigert werden. Bei der Verwendung dieser Aufnahmeart bleibt man in Kanada bei Flughöhen um 1700 m unter der normalen Wolkengrenze, bekommt aber doch einen Streifen von zehn Kilometer Breite, der mit Senkrechtaufnahmen erst bei Flughöhen über 4500 m zu erreichen wäre, für welche die klimatischen Bedingungen in diesem Lande zu ungünstig sind.

Zur Ergänzung und Bereicherung vorhandener Karten durch Flugaufnahmen wird ein nichtautomatisches Entzerrungsgerät von Barr und Stroud, das den Namen Epidiaskop trägt, benutzt. Es besteht aus einer optischen Bank, die sich von der bei uns gebräuchlichen hauptsächlich dadurch unterscheidet, daß sich die Kartenebene und die Bildebene nicht um parallele, sondern um zueinander senkrechte Achsen drehen lassen. Die Projektionslinse ist drehbar um zwei senkrechte Achsen und verschiebbar längs dieser angeordnet. Die auf Papier kopierte Luftaufnahme wird stark beleuchtet und durch die Linse auf die durchsichtig gemachte Karte geworfen, worauf das Einpassen durch Verschieben und Drehen von Bild- und Kartenebene, verbunden mit Veränderung der Linse, erfolgt. Bei den vier Fußpunkten wird die Anordnung im Dreieck mit einem vierten Punkt im Innern bevorzugt.

Den größten Raum in dem Hottineschen Werk nimmt die Verwendung von Stereopaaren von Luftaufnahmen zu Vermessungszwecken ein. Ihre Theorie wird ausführlich entwickelt. Der Verfasser geht dabei ganz ähnliche Wege, wie sie der Berichterstatter vor 20 Jahren eingeschlagen hat. Es handelt sich zunächst um die Grundaufgabe der Photogrammetrie, um das Zusammenstimmen zweier Aufnahmen desselben Gegenstandes, hier insonderheit des von beiden Bildern gedeckten Geländeteiles, zur Hervorbringung eines Raummodelles, dann aber auch um die wiederholte Lösung dieser Grundaufgabe, wie sie bei der Bearbeitung der aufeinanderfolgenden Aufnahmen eines Fluges auftritt, wobei jede mit der vorangehenden und nachfolgenden zu einem Stereopaar vereinigt wird und damit das Bindeglied in der Kette der aneinandergereihten Geländeteile bildet. Dabei wird streng zwischen den auftretenden Winkel- und Maßstabsbeziehungen unterschieden, wobei erstere an die Spitze gestellt werden. Bei einem einzelnen Stereopaar ist der Maßstab durch die Länge der Aufnahmebasis in der Luft, also die Entfernung der beiden Flugorte, gegeben. Die Winkelbeziehungen beider Aufnahmen sind durch die Gleichheit der Kernebenenwinkel beider Aufnahmen gegeben, d. h. der Ebenen, die durch die Kernachse (= Verbindungslinie der Flugorte) und die einzelnen Geländepunkte gehen. In diese Winkelbeziehungen gehen drei Richtungen ein, die Richtung der Kernachse (Flugbasis) und die beiden Aufnahmerichtungen. Im Falle eines normalen Fluges mit Aufnahmen nahe senkrecht nach unten ist die Kernachse fast waagrecht, die Aufnahmerichtungen sind fast senkrecht, ihr gegenseitiger Winkel ist also angenähert ein rechter. Um einen Ueberblick über die Winkelbeziehungen unter Ausschaltung der Maßbeziehungen zu bekommen, werden alle Richtungen parallel zu sich selbst in den Mittelpunkt einer Kugel vom Radius „Eins“ verlegt und durch die Enden der betreffenden Radien dargestellt. So entsteht für ein Stereopaar ein kennzeichnendes sphärisches Dreieck, dessen Ecken der Basisrichtung und den

beiden Aufnahmerichtungen entsprechen. Für ein normales Stereopaar hat das sphärische Dreieck eine kurze, dem Unterschied der beiden Aufnahmerichtungen entsprechende Seite und zwei lange, die sich von einem Viertelskreis wenig unterscheiden. Nimmt man noch die Richtungen zweier bilderzeugenden Strahlen hinzu, die sich in einem Geländepunkt schneiden, so liegen ihre entsprechenden Punkte auf der Einheitskugel auf einem Großkreis durch die Spitze jenes sphärischen Dreiecks, die zur Basisrichtung gehört, und dieser Großkreis ist das sphärische Bild der Kernebene durch jenen Geländepunkt. Die Großkreise schließen unter sich die Kernebenenwinkel ein, und die Bögen auf den Großkreisen zwischen ihrem gemeinsamen Schnittpunkt und den den bilderzeugenden Strahlen entsprechenden Punkten der Kugel sind den Basiswinkeln des ebenen Dreiecks gleich, das die Basisenden (Flugorte) mit dem Geländepunkt bilden. Wird zu dem ersten Stereopaar eine dritte Aufnahme hinzugenommen, die mit der zweiten Aufnahme des Stereopaars zu einem weiteren Stereopaar vereinigt werden kann, so hat das kennzeichnende Kugeldreieck des letzteren mit dem des ersteren eine Ecke, die der Aufnahmerichtung des mittleren Bildes entspricht, gemeinsam, und außerdem ist der Winkel, den die nach den Basisrichtungen beider Stereopaare gehenden Dreiecksseiten miteinander einschließen, bekannt; er ist nämlich gleich dem Winkel, den auf der mittleren Aufnahme die Richtungen vom Hauptpunkt nach den beiden Kernpunkten miteinander bilden. Für die Stereopaare eines Flugstreifens reihen sich die kennzeichnenden Kugeldreiecke zu einer Kette auf, in der immer zwei aufeinanderfolgende Dreiecke an einer Ecke unter einem bekannten Winkel zusammenhängen. Ist der Flugstreifen in normaler Weise geflogen, so bilden die kurzen Seiten der Kugeldreiecke, die den geringen Unterschieden der einzelnen Aufnahmerichtungen entsprechen, einen Linienzug, der auf einem kleinen, wenige Grade umfassenden Teil der Kugel gelegen und daher vielfach verschlungen ist. Ähnlich ist es mit den Ecken, die den Basisrichtungen der Stereopaare entsprechen: auch diese Richtungen sind wenig verschieden, und daher bleiben die Ecken in einem kleinen Gebiete der Kugel, das von dem vorigen um einen Viertelskreis entfernt ist. Dieser Umstand erleichtert sehr die Berechnung dieser Dreiecksketten, die für den Zusammenschluß der Aufnahmen eines Flugstreifens erforderlich ist. Bisher ist die Beziehung auf die Schwererichtung noch ganz außer acht gelassen. Wird diese noch hinzugenommen, so wird das kennzeichnende Kugeldreieck eines Stereopaars noch um einen Punkt (Zenit bzw. Nadir) bereichert, der bei normalem Fluge im Gebiete der Aufnahmerichtungen liegt und von einem Stereopaar zum anderen wechselt, da die Schwererichtungen innerhalb eines Flugstreifens von 50 km Länge schon um 16 bis 17 Minuten voneinander abweichen. Die äußere Orientierung eines Stereopaars wird durch zwei Winkel bestimmt, nämlich den Neigungswinkel der Stereobasis gegen die waagerechte Ebene und den Winkel, den die durch die Stereobasis und die erste Aufnahmerichtung gehende Ebene mit der Lotebene durch die Stereobasis bildet. Beide Winkel sind für normale Flugaufnahmen klein. Ähnliche Winkel lassen sich in bezug auf irgendeine Richtung an Stelle der Lotrichtung festlegen und spielen eine Rolle bei den später zu besprechenden Koordinatenumformungen.

Weit einfacher sind die Maßstabbeziehungen, welche die Winkelbeziehungen ergänzen und mit ihnen zusammen die Berechnung von Koordinaten der Geländepunkte und Flugorte ermöglichen. Sie betreffen die Verhältnisse der Basislängen benachbarter Stereopaare. Von den drei aufeinanderfolgenden Flugorten gehen drei bilderzeugende Strahlen nach einem Geländepunkt, welche mit den Basislinien zwei Dreiecke bilden, die eine Seite, vom mittleren Flugort ausgehend, gemeinsam haben. Die Basiswinkel dieser Dreiecke sind aus den Messungen auf den zusammengepaßten Aufnahmen eines Stereopaars bekannt und finden sich auch als Großkreisbögen auf der Einheitskugel, die die Winkelbeziehungen vermittelt. Aus ihnen läßt sich das Verhältnis der Basislängen beider Stereopaare leicht berechnen, und durch die Fortsetzung dieser Rechnung durch die ganze Kette von Stereopaaren eines Flugstreifens können alle Basislängen durch die erste des Streifens ausgedrückt werden. Ist das geschehen, so besteht die Möglichkeit, relative, rechtwinklige Koordinaten der Geländepunkte und Flugorte in einem passenden System zu berechnen, wobei die erste Basis des Streifens als Einheit gilt. Ist innerhalb des vom Flugstreifen gedeckten Geländes die Lage zweier Punkte bekannt, so ergibt sich der Maßstab für jene Koordinaten. Es fehlt dann noch die genaue Beziehung zum Lot, d. h. die Kenntnis jener kleinen Winkel, die bei einem normalen Stereopaar diese vermitteln. Diese Beziehung wird durch Höhenangabe dreier Kontrollpunkte, deren Lagekoordinaten nicht bekannt zu sein brauchen, gegeben, wofür eine sehr geschickte Formel entwickelt wird, die sowohl für den Fall, daß die drei Kontrollpunkte sich auf ein einzelnes Stereopaar vereinen, wie auch für den allgemeineren Fall, wo sie über das Gelände des Flugstreifens verteilt sind, angewendet werden kann.

Es folgen dann noch wichtige Erweiterungen der Theorie, einmal in dem Sinne, daß dreifach gekoppelte Aufnahmekammern zugrunde gelegt werden, bei denen die Nebenkammern beiderseits quer zur Flugrichtung angeordnet sind und mit der senkrechten Mittelkammer jeweils einen Winkel von  $45^\circ$  bilden, sodann in der anderen Richtung, daß zwei sich überkreuzende Flugstreifen an der gemeinsam gedeckten Stelle widerspruchsfrei aneinander angepaßt werden können. Diese letztgenannte Erweiterung wird dann noch auf den Ausgleich von drei- und viereckigen Flugstreifen ausgedehnt, an deren Ecken solche Ueberkreuzungen vorkommen.

Auf Grund dieser Theorie, die ich für den dauerndsten Gehalt des Hotineschen Werkes erachte, wird nun eine Praxis der stereoskopischen Ausmessung von Flugstreifen entwickelt, die mit dem früher genannten Spiegelstereoskop auskommen kann, wiewohl der Verfasser dem Stereogonimeter von Fourcade den Vorzug gibt. Dieses ist ein Betrachtungs- und Meßwerkzeug, mittels dessen die Aufnahmen eines Stereopaars zu einem Raumbild vereinigt werden, wobei die Bewegungen der beiden Projektionskammern sich dem System der Kernebenen weitgehend anschließen. Hierdurch geht nicht nur die Vereinigung zu dem Raumbilde rasch und sicher vor sich, sondern es können auch die Größen, die im kennzeichnenden Kugeldreieck des Stereopaars vorkommen, und jene, welche die Kette der Kugeldreiecke verbinden, unmittelbar abgelesen werden.

Die praktische Ausmessung eines Flugstreifens von Senkrechtaufnahmen geht nun auf folgende Weise vor sich: Es ist im Kartenmaßstab 1:20 000 eine Flughöhe von etwa 4000 m und 60 Prozent Ueberdeckung in der Flugrichtung vorgesehen. Auf jeder Aufnahme ist dann in der Mitte ein schmaler Streifen, der auf beiden Nachbarbildern mit dargestellt ist, vorhanden; ebenso finden sich die Bilder der Nachbaradire auf dem Mittelbilde. Damit ist die Möglichkeit einer Nadirtriangulation für den Lageplan gegeben mit nahezu quadratischen Rauten, die denn auch ausgenutzt wird, wobei die durch die frühere Durchrechnung des Flugstreifens erlangte Kenntnis etwaiger außergewöhnlicher Abweichung einer Aufnahme von der Lotrichtung durch Umbildung oder Umrechnung der betreffenden Aufnahmen unschädlich gemacht wird. Die Konstruktion des Lageplanes erfolgt aber nicht auf Grund von Messungen der Negative der Aufnahmen, sondern mittels Abnahme der nötigen Strahlenbüschel von Papier- oder Zelluloidpositiven auf durchsichtige Folien, die dann zu den Rauten der Nadirkette zusammengesetzt werden, wobei der durchschnittliche Aufnahmemastab eingehalten wird. Auf zehn Aufnahmen wird ein Fehler von 1 mm, auf zwanzig ein solcher von 4 mm zugelassen. Dieser stellt sich heraus, wenn man benachbarte parallele Flugstreifen, die Seitenpunkte der Rautenkette gemeinsam haben, vergleicht. Auf einem durchsichtigen Zeichenblatt erfolgt dann eine graphisché Angleichung beider Ketten aneinander. So können bis zu vier parallele Nadirketten aneinander angeglichen werden, die dann ein Rechteck von etwa  $15 \times 10$  km decken. Innerhalb dieses Rechteckes sollen etwa vier Kontrollpunkte am Boden vorhanden sein. Bei minderen Genauigkeitsansprüchen können diese Kontrollpunkte durch ein entsprechendes Gitter von sich senkrecht kreuzenden und unter sich ausgeglichenen Flugstreifen ersetzt werden, wobei die Kreuzungsstellen die Kontrollpunkte ersetzen. Die aneinander angeglichenen Nadirketten werden durch diese Kontrollen auf den endgültigen Maßstab gebracht. Bisher war die stereoskopische Betrachtung nur zum Zusammenpassen der Stereopaare und zur Auswahl der zusammengehörigen Punkte für die Nadirtriangulation nötig. Ihre Hauptanwendung erfährt sie bei der Höhenmessung. Eine solche wird zunächst nur für die Punkte des Nadirtriangulationsnetzes und gelegentliche topographisch wichtige Punkte ausgeführt. Die Höhenmessung bedient sich der Parallaxendifferenz zweier Bodenpunkte, der im „Normalfall“ der Höhenunterschied der Bodenpunkte proportional ist, wobei der Proportionalitätsfaktor von der Flughöhe über dem Gelände und der Basislänge abhängt, die für größere Teile der Flugstrecke als konstant angesehen werden können, namentlich wenn die Flugaufnahmen in gleichen Zeitabständen erfolgen. Voraussetzung ist dabei immer, daß die Abweichungen der Aufnahmerichtungen von der Lotrichtung unter  $2^\circ$  bleiben, und daß die Geländeunebenheiten zehn Prozent der Flughöhe nicht überschreiten. Unter Normalfall sind waagerechte Flugbasis und senkrechte Aufnahmerichtung verstanden. Die Höhenermittlung geht nun so vor sich, daß die Parallaxendifferenz zwischen einem Punkt von bekannter Höhe und einem Neupunkt auf dem Papierpositiv ausgemessen wird. Dann wird sie wegen Neigung der Basis und Ausweichung der Aufnahmerichtung senkrecht zur Flugrichtung korrigiert und in die Höhenformel eingesetzt, die dann den Höhenunterschied ergibt. Bei nicht genauer Zusammenstimmung des Stereopaars erfolgt vorher auch noch eine Korrektion in dieser Richtung. Der seiner Höhe nach so bestimmte Neupunkt kann dann wieder als Aus-

gangspunkt für neue Höhenbestimmungen dienen. Bei einem Kontrollpunkt müssen die so ermittelten Höhen mit den gegebenen stimmen. Für die Berechnung der Korrekturen sind Differentialformeln von Bedeutung, die im theoretischen Teile des Buches entwickelt werden und die Abhängigkeit der Parallaxendifferenzen zweier Bodenpunkte sowohl von den Unvollkommenheiten der Zusammenstimmung des Stereopaares, wie auch von der Basisneigung und dem seitlichen Ausweichen der Aufnahmerichtung darstellen. Der Höhenmeßvorgang ist zum mindesten theoretisch verzwickelt, aber doch insofern logisch, als er von der Ermittlung jener Größe ausgeht, welche die Höhenunterschiede des Bodens beim stereoskopischen Sehen anzeigt. Die praktische Ausführung ist ungleich einfacher als die Theorie und mag auch dieser vorangegangen sein. Bei der Darstellung des Geländes durch Formlinien, die wieder zuerst auf Papierpositiven erfolgt, fallen natürlich die für die Höhenmessung nötigen Feinheiten fort. Es ist noch zu bemerken, daß auch bei den Höhenmessungen, namentlich bei weitmaschigem Festpunktnetz (Barometerhöhen), die einzelnen Flugstreifen an den gemeinsamen Punkten einander anzugleichen sind.

In einem neuzkartierenden Lande bietet das Fliegen zusammenhängender paralleler Flugstreifen ernstliche Schwierigkeiten. Das sicherste Auskunftsmittel, nämlich eine vorläufige Aufnahme mit einer Aschenbrennerschen Panoramakammer, kennt Herr Hotine natürlich noch nicht. Statt dessen empfiehlt er eine weitmaschige Gitteraufnahme von Flugstreifen, in deren lückenhafte vorläufige Karte die gewünschten Flugbahnen eingetragen werden. Der Flieger erhält dann die Aufnahmen, die er zu überfliegen hat, mit der Angabe der Kompaßrichtung, in der sie zu überfliegen sind, sowie der Kursverbesserung, die nötig ist, wenn sich eine Abweichung von der vorgeschriebenen Bahn dabei zeigt.

Von Mosaiken aus Flugaufnahmen, über deren Herstellung ausführliche Angaben gemacht werden, als Ersatz für eine richtige Kartierung, hält Herr Hotine nicht allzu viel. Wenn sie lesbar sein sollen, müssen sie großen Maßstab besitzen und sind dann unbequem bei der Benutzung; sie lohnen meist nicht die Kosten.

Seine negative Einstellung zu den automatischen Entzerrungs- und Kartiergeräten habe ich schon angedeutet; er hebt ihre großen Anschaffungskosten hervor und übertreibt etwas die Umständlichkeit der Einstellung und die Langsamkeit ihrer Arbeit. Trotzdem ist er bestrebt, die Priorität der Erfindung und Ausgestaltung dieser Geräte den Deutschen nach Möglichkeit abzusprechen und sie anderen, insbesondere Herrn Dr. H. G. Fourcade, zuzuschreiben. Damit muß man sich abfinden; das Werk bietet in anderer Beziehung Wertvolles genug. Herrn Hotines Ideal der Flugbildauswertung ist ein Büro mit sechs Mann, einem Leiter am Stereoskop oder Stereogonimeter an der Spitze, dessen Ausmessungen einen Rechner mit Maschine und vier Zeichner dauernd beschäftigen. Dieses leistet an Kartierungsarbeit stündlich 9 bis 10 qkm mittleren Geländes im Maßstab 1 : 20 000, womit man über ein Dutzend Kartierungsmaschinen erspart. Freilich sind die Ansprüche an die so erzeugten Karten recht mäßig. Leider fehlen dem Werke Kartenproben, was der Verfasser damit entschuldigt, daß man mit geeignet ausgewählten alles beweisen könne. Hingegen ist es mit sehr schönen Proben von Fliegeraufnahmen ausgestattet, und es wird in jedem Leser der Wunsch auftauchen, das auf ihnen abgebildete merkwürdige Gelände auch kartographisch dargestellt zu sehen.

Trotz mancher Einwände, die sich beim Studium des Hotineschen Buches aufdrängen, bleibt am Schluß der schon eingangs erwähnte Gesamteindruck, daß hier eine bedeutende Arbeit vorliegt, die die wirtschaftliche Anwendung der Photogrammetrie schon in weitem Umfang beeinflusst hat und sicherlich noch mehr beeinflussen wird. Der Umstand, daß die deutsche Mitarbeit an der Photogrammetrie in ihm nicht zum entsprechenden Ausdruck kommt, darf uns nicht hindern, seinen positiven Wert anzuerkennen.

#### Übersichtskarte von Arosa.

Bereits 1931 hat Bollhardt in einer Veröffentlichung<sup>1</sup> über die Arbeitsmethoden zur Erstellung von topographischen Übersichtskarten in Katastermaßstäben berichtet. Die Bildaufnahme wurde — um es nochmals kurz in Erinnerung zu bringen — in einer absoluten Flughöhe von 4800 m, also mit einer Bodenhöhe von rund 2800 m durchgeführt. Entsprechend der Reliefgestaltung war hierzu auf einer Karte 1 : 50 000 die genaue Fluglinie ausgearbeitet, um tote Geländeabschnitte möglichst zu vermeiden. Die Aufnahme erfolgte mit einer Zeisschen Doppelkammer von 21 cm Brennweite und einer Plattengröße von 18 × 18 cm. Die Auswertung wurde im Zeisschen Stereoplanigraphen

<sup>1</sup> Bildmessung und Luftbildwesen, Jahrgang 1931, Nr. 1, H. Wichmann, Bad Liebenwerda (Provinz Sachsen).

C/5 1926 vorgenommen. Jetzt liegt ein bis 1933 nachgeführter Plan der Gemeinde Arosa im Maßstab 1:10 000 als Ergebnis dieser Arbeiten vor.

Der Plan ist nach dem System der Inselkarten gearbeitet, die Netzgrundlage ist durch Randmarken von 1000 zu 1000 m und Kreuzmarken im Kartenbild angegeben. Die Ausführung in fünf Farben — schwarz für Schrift, Situation und Geröllboden, blau für Gewässer und Eisbedeckungen, braun für Schichtlinien, grau für Felsgelände und grün für Waldbedeckung — wirkt angenehm auf den Beschauer. Während für die Eisenbahn die Liniendarstellung gewählt ist, weisen Straßen und Wege den Zeichencharakter topographischer Karten mit acht verschiedenen Mustern auf. Eine Unterscheidung der Gebäude in Wohn- und Wirtschaftsgebäude ist nicht getroffen.

Besonders wirkungsvoll ist die Wiedergabe des Geländes. In Schichtstufen von 10 m, selten sind Einstreuungen von 5 m vorgenommen, und unter Verstärkung der 100-m-Linien ist die Auswertung erfolgt. Daß die Schichtlinien am Raummodell entwickelt sind, wird offenbar durch die Linienführung, die ein wesentlich stärker gegliedertes Bild aufzeigt, als es die durch Erdtopographie mit Hilfe von Rücken- und Muldenlinien gewonnene Darstellung zuläßt. Für den Kartenfreund stellen hierbei die mit grauen Flächen und Schummerston unterlegten Schichtlinienauszeichnungen der Felspartien mit ihren eckigen, vielfach bizarren Linien ein besonders anziehendes Studienobjekt dar. Ein Ueberschneiden ist durch Unterbrechen der betreffenden Schichtlinie vermieden. Zahlreiche Höhen- und Muldenzahlen geben in Verbindung mit den Schichtlinienzahlen eine gute Lesbarkeit des Geländes ab.

Die Schrift paßt sich dem Charakter der topographischen Karten an und wirkt dadurch gut lesbar. Durch Aufnahme zahlreicher Gewannen-Namen ist auch der Forderung der Heimatkunde in weitestem Maße nachgekommen. Entgegen sonstiger Gepflogenheit sind die Gewässernamen vorwärtsliegend geschrieben.

Die der Walddarstellung gewidmete Grünplatte zeigt Buschwerk und die Abgrenzung der Waldflächen, die auf der Schwarzplatte nicht enthalten ist, durch Kreischen, während der eingeschlossene Wald in seiner Fläche durch senkrechte Schraffur zum Ausdruck kommt. So gibt die Karte ein gutes Beispiel für Arbeiten, die in diesem Gelände heute die Sonderaufgabe der photogrammetrischen Topographie sein werden. Siewke.

## Vereins - Nachrichten

### Internationale Ausstellung für Photogrammetrie in Paris.

Im Rahmen des 4. internationalen Kongresses für Photogrammetrie<sup>1</sup> ist eine photogrammetrische Ausstellung vorgesehen, die in Verbindung mit der Pariser Luftfahrt-ausstellung (salon aéronautique) in der Zeit vom 16. November bis 2. Dezember 1934 in dem großen Ausstellungshause (Grand Palais) auf den Champs Élysées stattfinden wird.

Der Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie hat beschlossen, daß die deutsche Abteilung dieser Ausstellung in einheitlicher Zusammenfassung, nach Sachgebieten geordnet, unter dem Namen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie durchgeführt wird. Es soll hierdurch erstrebt werden, ein möglichst eindrucksvolles Bild von der Arbeitsleistung Deutschlands auf dem Gebiete des Meßbild- und Luftbildwesens zu geben.

Für diese deutsche Abteilung ist folgende Gruppierung in Aussicht genommen: 1. Luftbild und Luftbildmessung (Geräte für Aufnahme, Verarbeitung, Entzerrung und Ausmessung; Arbeitsergebnisse: Schräg- und Senkrechtaufnahmen in Vergrößerungen, Entzerrungen, Luftbildpläne, ausgemessene Karten verschiedenen Maßstabes); 2. Verwertung des Luftbildes (Berichtigung, Ergänzung und Neuherstellung von Karten; Nutzbarmachung für verschiedene Wirtschaftsgebiete: Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Hoch- und Tiefbau, Landesplanung usw.); 3. Erdbildmessung (insbesondere stereophotogrammetrische Aufnahmen und Pläne von Expeditionen); 4. Architektur-Bildmessung (Aufnahmen und Auftragungen); 5. Das Meßbild in Unterricht und Forschung; 6. Röntgen-Bildmessung (Geräte für Aufnahme, Betrachtung, Ausmessung und Nachbildung; Zeichnungen, Modelle und dergleichen); 7. Photographisches Material und Gerät für die Verarbeitung.

<sup>1</sup> Über die Vorbereitungen und Pläne des Photogrammeter-Kongresses ist in Bildmess. u. Luftbildwes. Nr. 2/1932, S. 89-91, Nr. 4/1932, S. 191, Nr. 2/1933, S. 99, und in den Allgem. Vermess.-Nachr. Nr. 49/1933 bereits ausführlich berichtet.

Seitens des Vorstandes sind Schritte eingeleitet, um den deutschen Ausstellern die Beschickung dieser photogrammetrischen Ausstellung zu erleichtern. Solche Vergünstigungen können aber nur diejenigen reichsdeutschen Aussteller erhalten, die im Rahmen der Ausstellung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie ausstellen. Dementsprechend ist der Briefwechsel in diesen Ausstellungsangelegenheiten durch den Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, zu Händen des Herrn Reg.-Rats Dr.-Ing. Ewald, Berlin-Lichterfelde-Ost, Eduard-v.-Hartmann-Str. 15, zu leiten. Dr. Ewald steht für weitere Fragen und Auskünfte gern zur Verfügung.

### Mehrsprachiges Wörterbuch für Photogrammetrie.

Das bisher in Einzelleistungen als Beilage der Zeitschrift „Bildmessung und Luftbildwesen“ erschienene „Mehrsprachige Wörterbuch für Photogrammetrie“ soll im Herbst dieses Jahres in Buchausgabe erscheinen. Das vorliegende Material ist zunächst durch eine von Herrn Prof. Dr. Eggert geleitete Kommission durchgesehen worden. Die weitere Durcharbeitung, Sichtung und Ergänzung hat Herr Kapitän Reibenschuh übernommen.

In der neuen Ausgabe des Wörterbuches ist die Wiedergabe der photogrammetrischen Fachausdrücke in folgenden fünf Sprachen vorgesehen: Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch und Spanisch. Im ersten Teil sind die Worte nach den deutschen Ausdrücken alphabetisch geordnet. An jeden deutschen Ausdruck schließen sich die Uebersetzungen in den genannten vier anderen Sprachen an. Der zweite Teil enthält je ein Register der Fachausdrücke der anderen vier Sprachen. In diesen sind die Ausdrücke nach den betreffenden Sprachen alphabetisch geordnet. Durch Zahlenangaben der Seiten und Wortnummern ist auf den ersten Teil verwiesen.

Das Wörterbuch wird etwa 175 Seiten umfassen. Der Buchhandelspreis wird für das in Leinen gebundene Exemplar voraussichtlich 8 RM. betragen. Der Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie hat beschlossen, diesen Preis um 25 Prozent zu ermäßigen, sofern von den Landesgesellschaften der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie Sammelbestellungen aufgegeben werden. Diese müssen bis zum 1. August 1954 beim Kassenwart, Herrn J. Unte, Berlin NW 21, Emdener Str. 50, eingegangen sein, andernfalls wird der volle Buchhandelspreis berechnet.

Es ist in Aussicht genommen, den Mitgliedern der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, die den vollen Jahresbeitrag für 1954 bezahlt haben, je ein ungebundenes Exemplar kostenlos zu liefern. Wünscht ein Mitglied dieses Freiemplars gebunden zu erhalten, so wird dies berücksichtigt, falls bis zum 1. August 1954 der Betrag für das Binden in Höhe von 1 RM. beim Postscheckkonto: Berlin 284 56, Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Berlin NW 21, Emdener Str. 50, mit entsprechender Mitteilung auf dem Ueberweisungsabschnitt eingegangen ist. Wünschen Mitglieder weitere Exemplare, so wird die vorgenannte Ermäßigung von 25 Prozent gewährt, wenn die diesbezügliche Bestellung bis zum 1. August 1954 beim Kassierer eingeht.

### Hauptversammlung Berlin 1954.

Anlässlich des 25jährigen Bestehens findet die diesjährige Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie am 5. und 6. Oktober in der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg (Hauptgebäude) statt. Um zahlreiches Erscheinen der Mitglieder sowie von Gästen und von Angehörigen anderer Landesgesellschaften wird gebeten.

Bei dieser Veranstaltung werden vortragen: Prof. Dr. v. Gruber, Prof. Dr. Lacmann, Ministerialrat v. Langendorff und ein Herr der Hansa-Luftbild-G.m.b.H.

Für Freitag, den 5. Oktober, ist ein Zusammensein mit Damen in Aussicht genommen, das durch Filmvorführungen aus dem Gebiete des Meßbildwesens und der Luftfahrt eingeleitet werden soll.

Es ist beabsichtigt, anlässlich dieses Jubiläums ein zweites Heft des „Lustigen Photogrameters“ herauszubringen. Anregungen und Beiträge zu diesem Heft bitte baldmöglichst an Herrn Regierungsrat Dr. Lüscher, Berlin-Grunewald, Salzbrunner Str. 48, zu senden.

Etwaige sonstige Anträge zur Hauptversammlung sind an den Schriftführer, Oberregierungsrat O. Koerner, Berlin-Halensee, Karlsruher Str. 1, bis spätestens 10. August dieses Jahres schriftlich einzureichen.

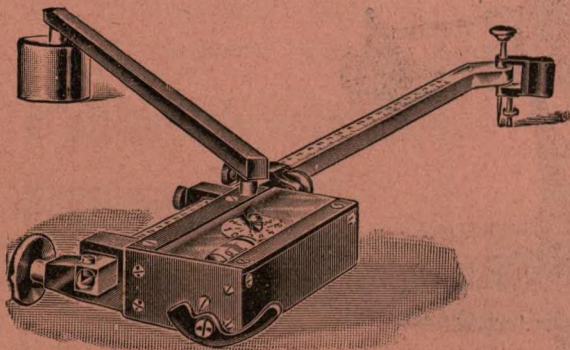




# Kompensations-Planimeter

von höchster Präzision

mit festem Fahrstab und auch mit verstellbarem Fahrarm lieferbar



Planimeter Nr. 3847, verstellbarer Fahrarm mit Schutzvorrichtung für Meßrolle, Zählrad und Ausschaltelhebel — 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.

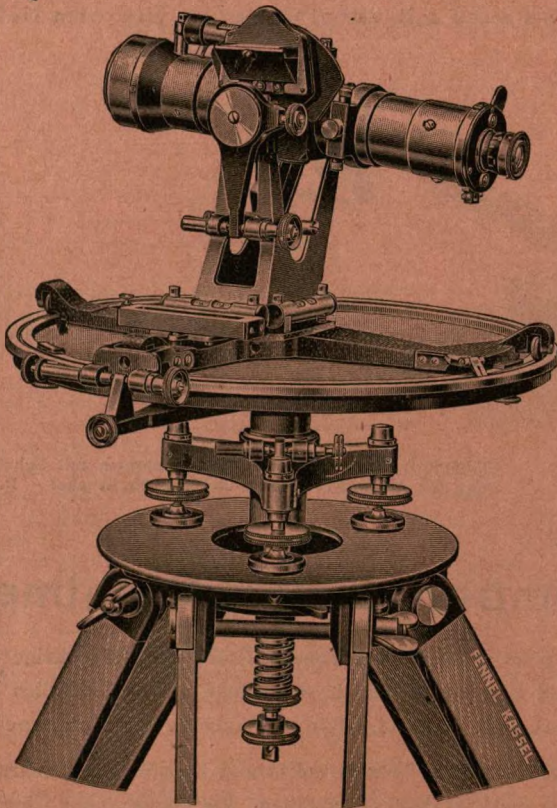
Die Herstellung der Präzisions-Planimeter erfolgt auf Grund langjähriger Erfahrungen in den Sonderabteilungen unserer mechanischen Werkstätten. Wir können ohne Übertreibung behaupten, daß unsere Planimeter bezüglich ihrer Güte und Genauigkeit von keinem anderen Fabrikat übertroffen werden. Unsere Sonderdrucksache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

**R. Reiss** G. m. b. H.

Liebenwerda (Provinz Sachsen)

Das beste Instrument zur Ergänzung von Luftbildaufnahmen und zur schnellen Bewältigung größerer topographischer Arbeiten ist der

# Topometer Hammer-Fennel



Eine angesehene Gesellschaft für Luftbildaufnahmen schreibt hierüber folgendes:

Eine Arbeit, die mit früheren Instrumenten 10 Tage Feldarbeit und 20 Tage Zimmerarbeit erforderte, läßt sich mit dem Hammer-Fennelschen Topometer in 6 Tagen Feldarbeit und in 2 Tagen Zimmerarbeit durchführen

Alles Nähere durch

## Otto Fennel Söhne

Werkstätten für geod. Instrumente

**KASSEL** Königstor 16

# A. OTT

## Kempten (Allgäu)

Gegründet 1873

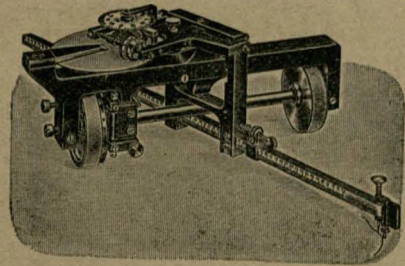
liefert als besondere Spezialität  
in erstklassiger Ausführung:

Scheibenroll-Planimeter  
Scheibenpolar-Planimeter  
Kompensations-Planimeter  
Universalplanimeter

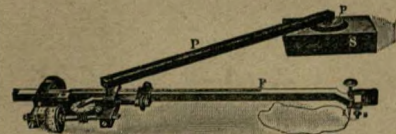
### Präzisions-Pantographen Koordinatographen

für rechteckige Koordinaten  
und Polar-Koordinaten

Kataloge auf Wunsch!



Scheibenroll-Planimeter



Kompensations-Planimeter



# Gebr. Wichmann

m.  
b.  
H.

Gegr. 1873

Vermessungs-Instrumente / Zeichengeräte / Bürobedarf  
Technische Papiere

### Nivellier-Instrumente / Theodolite / Bussolen

der Firmen **Hildebrand - Wichmann**, Freiberg i. Sa.

Pantographen / Planimeter / Winkelköpfe / Winkelspiegel  
Winkelprismen / Tachymeter-Transporteure

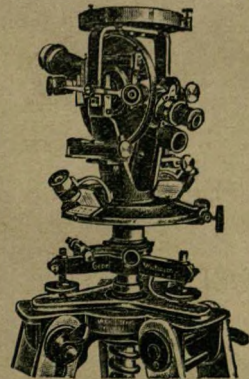
Nivellierlatten / Meßblatten / Fluchtstäbe

Nichtrostende Stahlbandmaße / Wasserdichte Leinenbandmaße

Zeichenmaschine Kuhlmann, Typ Zm. III, 50%, Zeitersparnis

Sonderprospekte frei / Vertreter der

**Verkaufs-A. G. H. Wild's geodätische Instrumente**



**Berlin NW 7**  
Karlstr. 13

**Düsseldorf**  
Adlerstr. 78

**Magdeburg**  
Alte Ulrichstr. 17.

**Stuttgart**  
Rotestr. 1

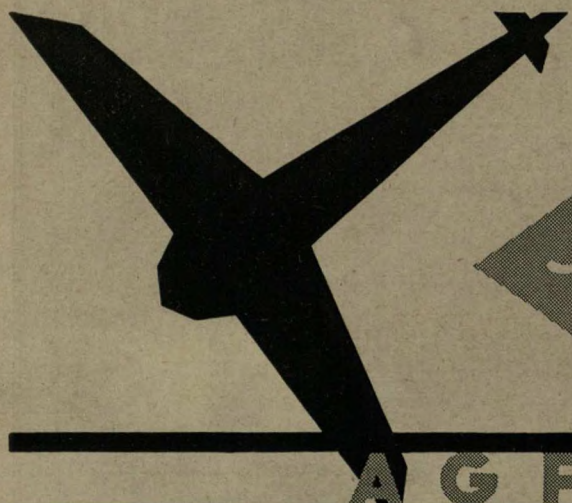
**Breslau 1**  
Reuschestr. 13-14

**Hamburg 1**  
Rathhausstr. 13

**Stettin**  
Scharlastr. 2

**Kowno (Litauen)**  
Laisvės Alėja 50

40



AGFA

# Aerochrom-Films und -Platten Aeropan-Films

für Luftbild-Aufnahmen und für die Aerophotogrammetrie

AGFA

# Platten und Films

für die Reproduktionstechnik

Agfa-Papiere zur Auswertung von Vermessungs-Aufnahmen

AGFA

# Correctostat

das maßhaltige photographische Papier • Correctostat wird überall dort verwendet, wo man absolut maßhaltige Reproduktionen benötigt

Verlangen Sie Spezial-Broschüren und Muster  
**I.G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT**  
Agfa Abt. Reproduktionstechnik / Berlin SO 36