

**Photogrammetrieheft**

P. b. b.

**Österreichische Zeitschrift**

für

# **Vermessungswesen**

REDAKTION:

Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Rohrer

emer. o. Professor  
der Technischen Hochschule Wien

Hofrat Dr. phil., Dr. techn. eh.

Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn.

**Karl Ledersteger**

o. Professor  
der Technischen Hochschule Wien

**Josef Mitter**

Vorstand der Abteilung Erdmessung  
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

**Nr. 3**

**Baden bei Wien, Ende Juni 1968**

**56. Jg.**

INHALT:

Geleitwort und Gruß ..... F.Hauer

**Abhandlungen:**

Über spezielle Testanordnungen bei der Prüfung von Stereoauswertgeräten ..... J. Bernhard

Vorschläge zur räumlichen Aerotriangulation ..... K. Killian

Gedanken zur numerischen Lösung der gegenseitigen Orientierung in Analoggeräten ..... J. Kovarik

Über räumliche Transformation ..... P. Leeb

Über die Genauigkeit der Paßpunktmessung für die graphische photogrammetrische Auswertung von Karten und Plänen ..... H. Schmid und A. Stickler

Ein dynamisches Prüfverfahren für Kartiergeräte von B. Makarovič P. Waldhäusl

Mitteilungen, Literaturbericht, engl.-franz. Inhaltsverzeichnis  
Mitteilungsblatt zur „Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen“,  
redigiert von ORdVD, Dipl.-Ing. Rudolf Arenberger



Herausgegeben vom

**ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN**

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),  
der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und  
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

**Baden bei Wien 1968**

Eigentümer, Herausgeber und Verleger: Österreichischer Verein für Vermessungswesen, A 1080 Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3  
Druck von Rudolf M. Rohrer, A 2500 Baden bei Wien

Gedruckt mit Unterstützung des Kulturamtes der Stadt Wien und des Notringes der wissenschaftlichen Verbände Österreichs

## Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen

Für die Redaktion der Zeitschrift bestimmte Zuschriften und Manuskripte sind an eines der nachstehenden Redaktionsmitglieder zu richten:

### Redakteure:

- o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Rohrer*, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule  
*o. Prof. Hofrat Dr. phil., Dr. techn. eh. Karl Ledersteger*, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule  
*Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter*, A 1080 Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3

### Redaktionsbeirat:

- o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Alois Barvir*, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule  
*o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Friedrich Hauer*, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule  
*o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Hubeny*, A 8020 Graz, Techn. Hochschule, Rechbauerstraße 12  
*Prof. Ing. Dr. techn. eh. Karl Neumaier*, Präsident des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen i. R., A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule

Für die Redaktion des Mitteilungsblattes und Annoncenteeiles bestimmte Zuschriften sind an *ORDVD. Dipl.-Ing. Rudolf Arenberger*, A 1180 Wien XVIII, Schopenhauerstraße 32, zu senden.

Die Manuskripte sind in lesbarer, druckreifer Ausfertigung, die Abbildungen auf eigenen Blättern als Reinzeichnungen in schwarzer Tusche und in möglichst großem, zur photographischen Verkleinerung geeignetem Maßstab vorzulegen. Von Photographien werden Hochglanzkopien erbeten. Ist eine Rücksendung der Manuskripte nach der Drucklegung erwünscht, so ist dies ausdrücklich zu bemerken. Bei Vorlage von Rasterklischees: Umschlag 42er Raster, Text 54er Raster

Die Zeitschrift erscheint sechsmal jährlich, u. zw. Ende jedes geraden Monats.

**Redaktionsschluß:** jeweils Ende des Vormonats.

Auflage: 950 Stück

### Bezugsbedingungen: pro Jahr

- Mitgliedsbeitrag für den Verein oder die Österr. Gesellschaft  
für Photogrammetrie . . . . . S 50,—  
für beide Vereinigungen zusammen . . . . . S 100,—  
Abonnementgebühr für das Inland . . . . . S 130,— und Porto  
Abonnementgebühr für Deutschland . . . . . DM 28,— und Porto  
Abonnementgebühr für das übrige Ausland S 168,— od. sfr 28,— und Porto

Einzelheft . . . S 25,— Inland bzw. DM 5,— oder ö. S 32,— Ausland

- Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{1}$  Seite 125 × 205 mm . . . . . S 1000,—  
Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{2}$  Seite 125 × 100 mm . . . . . S 600,—  
Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{4}$  Seite 125 × 50 mm . . . . . S 400,—  
Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{8}$  Seite 125 × 25 mm . . . . . S 300,—  
Prospektbeilagen bis 4 Seiten . . . . . S 600,—

Postscheck-Konto Nr. 119.093

Telephon: 42 92 83

---

## Das neue Kern Ingenieur-Nivellierinstrument für 3 Genauigkeitsstufen



Kern GK 23, das Mehrzweck-Ingenieur-Nivellier mit den entscheidenden Vorteilen: schnellste Messbereitschaft dank dem Kern Kugelgelenkkopf, Beobachtung der Fernrohrlibelle durch das Fernrohrkular, Fokussierung mit Grob-Fein-Trieb, Seitenfeinstellschraube mit Rutschkupplung

Mittlere Fehler für 1 km Doppelnivellement:

**$\pm 2,0$  mm**

Normalausrüstung mit Zentimeter-Nivellierlatte

**$\pm 1,2$  mm**

Transversal-Strichplatte und Kreismarkenlatte

**$\pm 0,5$  mm**

Optisches Mikrometer, Halbzentimeter-Invarmire

---

Alleinverkauf für Österreich

**DR. WILHELM ARTAKER**

1031 Wien III, Reisnerstr. 6, Ruf: (0222) 73 1586  $\Delta$

Wiener Messe Halle M, Stand 1214-1219

---

# Österreichischer Verein für Vermessungswesen

A 1180 Wien XVIII, Schopenhauerstraße 32

## I. Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen

- Sonderheft 1: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 70. Geburtstag.* 198 Seiten, Neuauflage, 1948, Preis S 18.—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 2: Lego (Herausgeber), *Die Zentralisierung des Vermessungswesens in ihrer Bedeutung für die topographische Landesaufnahme.* 40 Seiten, 1935. Preis S 24.—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 3: Ledersteger, *Der schrittweise Aufbau des europäischen Lotabweichungssystems und sein bestanschließendes Ellipsoid.* 140 Seiten, 1948. Preis S 25.—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 4: Zaar, *Zweimedienphotogrammetrie.* 40 Seiten, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 5: Rinner, *Abbildungsgesetz und Orientierungsaufgaben in der Zweimedienphotogrammetrie.* 45 Seiten, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 6: Hauer, *Entwicklung von Formeln zur praktischen Anwendung der flächentreuen Abbildung kleiner Bereiche des Rotationsellipsoids in die Ebene.* 31 Seiten. 1949. (Vergriffen.)
- Sonderh. 7/8: Ledersteger, *Numerische Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung. Zur Analyse der Laplace'schen Widersprüche.* 59+22 Seiten, 1949. Preis S 25.—.
- Sonderheft 9: *Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich.* 56 Seiten, 1949. Preis S 22.—.
- Sonderheft 11: Mader, *Das Newton'sche Raumpotential prismatischer Körper und seine Ableitungen bis zur dritten Ordnung.* 74 Seiten, 1951. Preis S 25.—.
- Sonderheft 12: Ledersteger, *Die Bestimmung des mittleren Erdellipsoids und der absoluten Lage der Landstriangulationen.* 140 Seiten, 1951. Preis S 35.—.
- Sonderheft 13: Hubeny, *Isotherme Koordinatensysteme und konforme Abbildungen des Rotationsellipsoids.* 208 Seiten, 1953. Preis S 60.—.
- Sonderheft 14: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 90. Geburtstag.* 764 Seiten und viele Abbildungen. 1952. Preis S 120.—.
- Sonderheft 15: Mader, *Die orthometrische Schwerekorrektion des Präzisions-Nivellements in den Hohen Tauern.* 26 Seiten und 12 Tabellen. 1954. Preis S 28.—.
- Sonderheft 16: *Theodor Scheimpflug — Festschrift.* Zum 150jährigen Bestand des staatlichen Vermessungswesens in Österreich. 90 Seiten mit 46 Abbildungen und XIV Tafeln. Preis S 60.—.
- Sonderheft 17: Ulbrich, *Geodätische Deformationsmessungen an österreichischen Staumauern und Großbauwerken.* 72 Seiten mit 40 Abbildungen und einer Luftkarten-Beilage. Preis S 48.—.
- Sonderheft 18: Brandstätter, *Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellung.* 94 Seiten mit 49 Abb. und Karten und 2 Kartenbeilagen, 1957. Preis S 80.— (DM 14.—).
- Sonderheft 19: *Vorträge aus Anlaß der 150-Jahr-Feier des staatlichen Vermessungswesens in Österreich, 4. bis 9. Juni 1956.*
- Teil 1: *Über das staatliche Vermessungswesen,* 24 Seiten, 1957. Preis S 28.—.
- Teil 2: *Über Höhere Geodäsie,* 28 Seiten, 1957. Preis S 34.—.
- Teil 3: *Vermessungsarbeiten anderer Behörden,* 22 Seiten, 1957. Preis S 28.—.
- Teil 4: *Der Sachverständige — Das k. u. k. Militärgeographische Institut.* 18 Seiten, 1958. Preis S 20.—.
- Teil 5: *Über besondere photogrammetrische Arbeiten.* 38 Seiten, 1958. Preis S 40.—.
- Teil 6: *Markscheidewesen und Probleme der Angewandten Geodäsie.* 42 Seiten, 1958. Preis S 42.—.

# EINSCHRAUBEN

**ist viel leichter,**  
einfacher und billiger  
als alles bisher Übliche



**Sie wiegen nur 2,5 kg**

sind wirklich unverwüflich und

mit nur  $\frac{1}{5}$  des bisherigen

Aufwandes zu versetzen,

**die neuen**

# GRENZMARKEN aus KUNSTSTOFF



---

Alleinverkauf in Österreich

**DR. WILHELM ARTAKER**

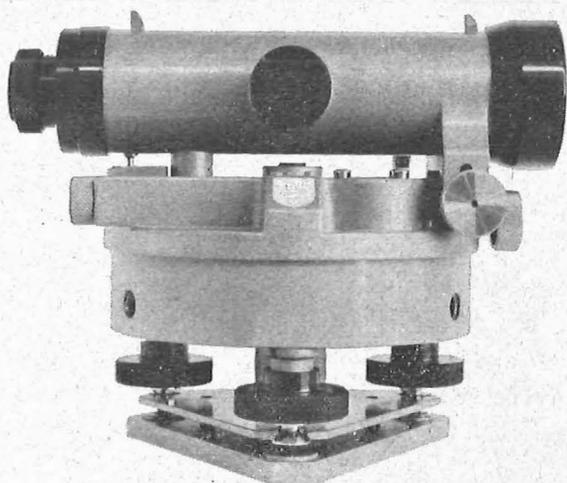
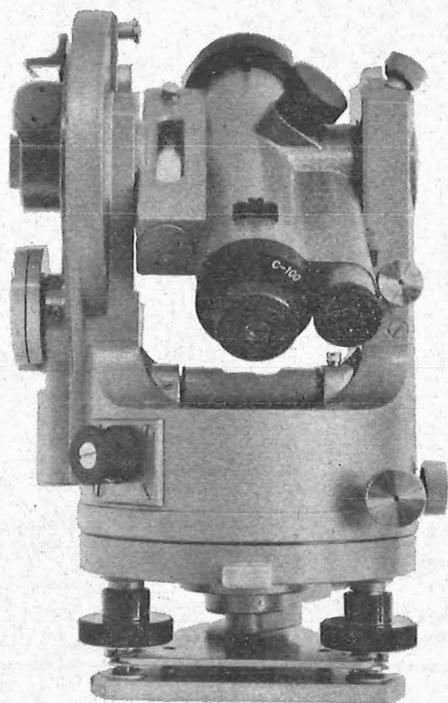
1031 Wien III, Reiserstr. 6, Ruf: (0222) 731586  $\Delta$

Wiener Messe Halle M, Stand 1214-1219

---

**Miller  
Nivellierinstrumente  
und  
optische  
Theodolite**

**MILLER  
INNSBRUCK**  
AUSTRIA



**Gebrüder Miller Gesellschaft m. b. H., Kochstraße 6, A-6020 Innsbruck, Tirol**

*Wir empfehlen Ihnen:*

**FROMME<sup>s</sup>**

# PRÄZISIONS-KLEIN- KOORDINATOGRAPH Nr. 324a

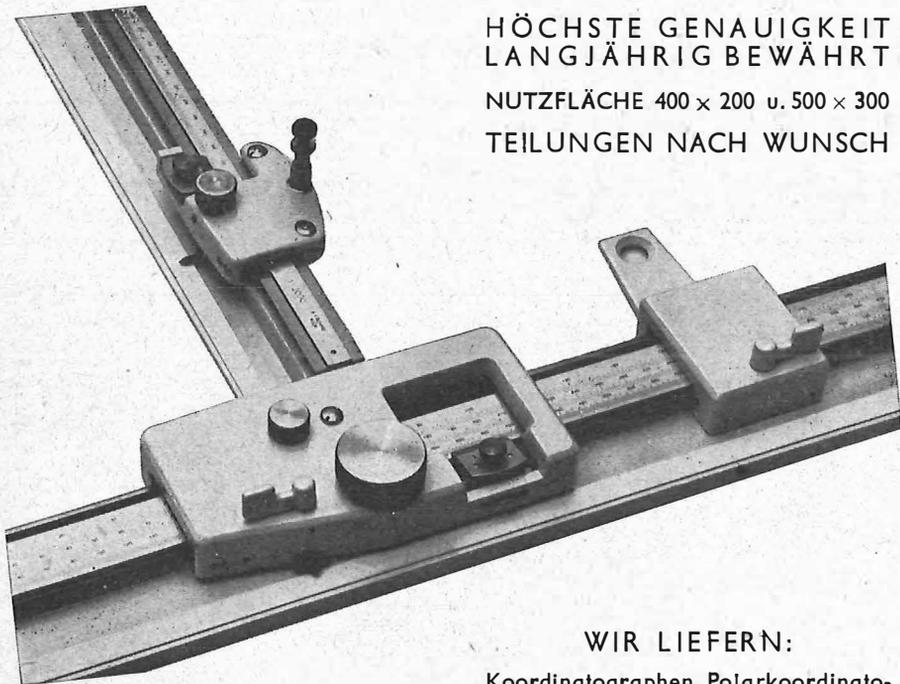
NEUESTE KONSTRUKTION  
MIT VIELEN VERBESSERUNGEN

ALLE ROLLEN KUGELGELAGERT

HÖCHSTE GENAUIGKEIT  
LANGJÄHRIG BEWÄHRT

NUTZFLÄCHE 400 x 200 u. 500 x 300

TEILUNGEN NACH WUNSCH



REPARATUREN VON  
INSTRUMENTEN U. GERÄTEN

WIR LIEFERN:

Koordinatographen, Polarkoordinatographen, Universaltachygraphen, Auftragsdreiecke und -lineale, Planimeter, Gefällsmesser, Hypsometer, Schichteneinschalter, Winkelprismen, Nivellierlatten, Meßbänder, Numerierschlegel, Maßstäbe, Reißzeuge usw.

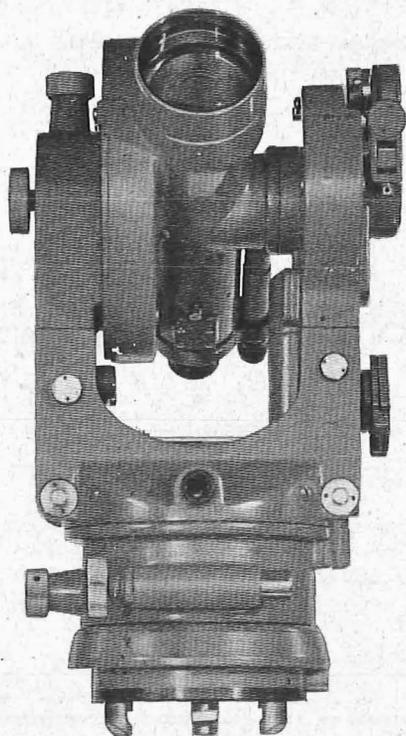
Prospekte und Angebote kostenlos

**ING. ADOLF FROMME**

Geodätische und kartographische Instrumente, Fabrik für Zeichenmaschinen

Gegr. 1835    1180 WIEN 18, HERBECKSTRASSE 27    Tel. (0222) 47 22 94

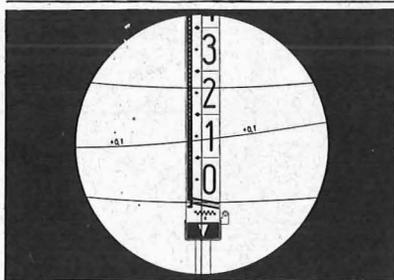
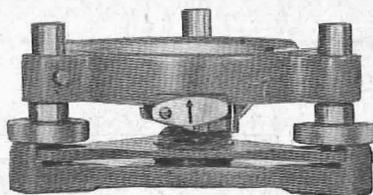
# Diagramm- tachymeter Wild RDS



**neu:**

**Optisches Lot** in der Alhidade

**Abnehmbarer Universaldreifuß**  
**Wild GDF 3**, mit Drehknopfverriegelung  
(passend auch für Wild T1A, T16, T2 und  
deren Dreifußzubehör, sowie für die  
optischen Lote ZBL und ZNL)



Senkrechte **Tachymeter-Kurzlatte**  
**GVL1**, mit erhöhter Ablesegenauigkeit  
zur optischen Distanzmessung (bis  
ca. 70 m). Aufstellung mit Lattenstativ  
oder Lattenträger im Dreifuß  
(Zwangszentrierung)

Wir senden Ihnen gerne den neuen  
Prospekt G130I

**Wild Heerbrugg AG,**  
**CH-9435 Heerbrugg/Schweiz**

**WILD**  
HEERBRUGG

Alleinvertretung für Österreich:

## RUDOLF & AUGUST ROST

Fabrik für Feinmechanik - Instrumente für Vermessungs- und Zeichenbedarf  
1151 WIEN XV, MÄRZSTRASSE 7 (Nähe Westbahnhof und Stadthalle)  
TELEFON: (0222) 92 32 31, 92 53 53 TELEGRAMME: GEOROST-WIEN  
**WIENER MESSE: Messegelände, jetzt Halle M, Stand 1272**  
(Eingang Südseite links)

# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom  
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),  
der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und  
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

emer. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Rohrer,  
o. Prof. Hofrat Dr. phil. Dr. techn. e. h. K. Ledersteger und  
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

---

Nr. 3

Baden bei Wien, Ende Mai 1968

56. Jg.

---

## Geleitwort und Gruß

So wie seit Jahren hat auch heuer die Leitung der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie an die Photogrammeter Österreichs appelliert, Beiträge für das seit dem Jahre 1962 im Rahmen der ÖZfV jährlich erscheinende Photogrammetrieheft zu liefern. Mag es nun sein, daß die Form des Appelles wirkungsvoller war als sonst oder daß der kommende XI. Internationale Kongreß für Photogrammetrie vom 8.—20. Juli dieses Jahres in Lausanne dazu Anregungen gab, der Aufruf hatte einen unerwartet großen Erfolg. Obwohl in der ÖZfV Artikel photogrammetrischen Inhalts auch in anderen Heften jedes Jahrganges zum Abdruck gelangen und das heurige Photogrammetrieheft Dank des besonderen Entgegenkommens der ÖZfV und ihres Hauptschriftleiters Herrn em. o. Prof. *Dr. Rohrer* auf fast den doppelten Umfang eines Normalheftes verstärkt wurde, konnten leider zwei der vorgelegten Arbeiten nicht mehr untergebracht werden. Es sind dies der Artikel von *H. Foramitti* „Die praktische Anwendung des Neigungsrechners zum Terragraphen von *C. Zeiss* in der Denkmalvermessung“ und die umfangreiche Untersuchung von *K. Rimmer* „Theorie und Verfahren der Auswertung“, die als Invited Paper beim Kongreß aufliegen wird. Beide Artikel werden in späteren Heften der ÖZfV abgedruckt.

Die Photogrammeter Österreichs, die mit dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, dem Bundesdenkmalamt und dem Magistrat der Bundeshauptstadt Wien sich an der wissenschaftlichen Ausstellung in Lausanne beteiligen, sehen mit großem Interesse den wissenschaftlichen Arbeiten des Kongresses und den Exponaten aller Aussteller entgegen. Sie freuen sich darauf, Freunde aus aller Welt in Lausanne wiederzusehen und neue Kontakte zu finden und senden als Vertreter des Landes, von dem die ersten Anregungen zur Begründung der Internationalen Photogrammetrischen Gesellschaft ausgingen, einen besonders herzlichen Gruß an die Photogrammeter der Schweiz als die Veranstalter des Kongresses.

*F. Hauer*

Präsident der ÖGfPh

## Über spezielle Testanordnungen bei der Prüfung von Stereoauswertegeräten

Von *Johann Bernhard*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

### 1. Zum Thema

Die Funktionstüchtigkeit der Stereoauswertegeräte wird üblicherweise mit Hilfe von Gitterplatten geprüft, die für solche Zwecke — zumeist unausgesprochen — als ideale Senkrechtaufnahmen aufgefaßt werden. Man unterlegt diesen (fiktiven) „Meßbildern“ in Anlehnung an die in der Praxis bestehenden Verhältnisse auch oft bestimmte Bildweiten und Basisverhältnisse, orientiert hernach *gegenseitig* und *absolut* in der üblichen Weise und erwartet als Ergebnis ein nicht nur horizontales sondern insbesondere auch *ebenes* Modell (s. etwa [1], [2], [3], [4] und [5]). Werden bei diesem Vorgang die Lagekoordinaten der Gitterpunkte mitbeobachtet, so gewinnt man überdies — mit oder ohne nachfolgender ebener Ähnlichkeitstransformation — einen Einblick in jene Genauigkeit, mit der das in Prüfung stehende Gerät *die Lage* reproduziert<sup>1)</sup>.

Kontrollmessungen dieser Art beziehen sich aber nur auf horizontale Modelle, dh. die Prüfung der Geräte erfolgt nur in der sogenannten „Nullstellung“. Ordnet man hingegen den Gitterplatten paarweise beliebig gerichtete Aufnahmeachsen zu, so resultieren für die zugeordneten Modelle spezielle Lagen im Raum und man hat so die Möglichkeit, die *Geometrie der Geräte* auch unter Inanspruchnahme der Freiheitsgrade  $\omega$ ,  $\varphi$  und  $\kappa$  zu prüfen. Über die dabei zu wählenden „Aufnahmedispositionen“ kann innerhalb weiter Grenzen frei verfügt werden (Gerätebereiche!).

Wie man sieht, besteht bei solchen Testanordnungen eine gewisse Analogie zu dem Einpaßvorgang bei terrestrisch-photogrammetrischen Stereoaufnahmen. Während aber dort die beim Einpassen auftretenden Fehler hauptsächlich auf unvermeidliche Fehler in den Elementen der äußeren Orientierung zurückzuführen sind, die mit Hilfe von Paßpunkten analysiert und eliminiert werden können, erscheinen die beim Ausmessen *theoretischer* Modelle sichtbar werdenden Fehler geeignet, die Funktionstüchtigkeit der Geräte zu prüfen.

Der Vergleich mit der Erdbildmessung liegt nahe. Als wesentlich dabei ist jedoch festzuhalten, daß beim Einpassen terrestrischer Bildpaare nicht nur die Orientierungselemente als solche korrigiert werden, sondern daß gleichzeitig auch die Einflüsse allfällig unrichtiger Nullstellen (automatisch) mitberücksichtigt bzw. ausgeschaltet werden. In dieser Hinsicht liegen in unserem Fall die Verhältnisse aber anders: Die (frei gewählten) Orientierungselemente sind zwar fehlerfrei, die zugehörigen Einstellwerte jedoch werden auch hier von Fehlern in den erwähnten Nullstellen beeinflusst. Die praktische Handhabung der in Rede stehenden Testanordnungen setzt demnach gut bestimmte Nullstellen bzw. die Berücksichtigung der Indexwerte voraus.

<sup>1)</sup> Mitunter werden Gittermodelle (bei fester Basis) auch in mehreren Arbeitshöhen gemessen und zu sogenannten *Blöcken* formiert. In solchen Fällen sind die Maschinenkoordinaten natürlich räumlich zu transformieren.

Der Gedanke, die „Gerätegeometrie“ auf die beschriebene Weise zu untersuchen, hat sich anlässlich der in [6] mitgeteilten Arbeit ergeben.

## 2. Beziehungen zwischen Bild- und Modellkoordinaten

Eingeführt werden können naturgemäß nur gemeinsame Kammerbewegungen. Als (fiktive) Aufnahmedispositionen kommen folglich nur solche mit im Raum wohl beliebig gerichteten, aber parallelen, Kammerachsen in Betracht. Man kann dazu wie folgt gliedern:

- a) Modell nur um die Primärachse geneigt: Gemeinsame Kippung  $\Omega$
- b) Modell nur um die Sekundärachse geneigt: Gemeinsame Schwenkung  $\Phi$
- c) Modell in allgemeiner Lage: Hier wird neben den Elementen  $\Omega$  und  $\Phi$  auch eine (gemeinsame) Kantung  $K$  angesprochen.

Zur Herleitung der Beziehungen zwischen Bild- und Modellkoordinaten geht man vorteilhaft von der räumlichen Koordinatentransformation aus, für die in allgemeiner Form gilt:

$$\begin{aligned} X &= a_{11} \cdot x + a_{12} \cdot y + a_{13} \cdot z + X_0 \\ Y &= a_{21} \cdot x + a_{22} \cdot y + a_{23} \cdot z + Y_0 \\ Z &= a_{31} \cdot x + a_{32} \cdot y + a_{33} \cdot z + Z_0. \end{aligned} \quad \dots (I)$$

Die Koordinatentripel  $x, y, z$  und  $X, Y, Z$  beziehen sich hierin auf das „mitgedrehte“ bzw. auf das (fixe) Maschinenkoordinatensystem,  $X_0, Y_0, Z_0 \leftarrow \rightarrow$  stellen Translationsgrößen dar und die Koeffizienten  $a_{11}, \dots, a_{33}$  sind mit Rücksicht auf die in unserem Fall auszuführenden *orthogonalen* Umformungen Richtungskosinusse, für die man unter Zugrundelegung von Rechtssystemen und den vorne angesprochenen Achsanordnungen wie folgt erhält:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos \Phi \cos K \\ a_{12} &= -\cos \Phi \sin K \\ a_{13} &= \sin \Phi \\ a_{21} &= \sin \Omega \sin \Phi \cos K + \cos \Omega \sin K \\ a_{22} &= -\sin \Omega \sin \Phi \sin K + \cos \Omega \cos K \\ a_{23} &= -\sin \Omega \cos \Phi \\ a_{31} &= -\cos \Omega \sin \Phi \cos K + \sin \Omega \sin K \\ a_{32} &= \cos \Omega \sin \Phi \sin K + \sin \Omega \cos K \\ a_{33} &= \cos \Omega \cos \Phi. \end{aligned} \quad \dots (1)$$

Die Symbole  $\Omega, \Phi$  und  $K$  sollen dabei auf die hier in Rede stehenden *gemeinsamen* Kammerbewegungen hinweisen (Drehsinne, vom Ursprung aus gesehen, nach rechts!).

Setzt man für Koordinaten im gedrehten System noch

$$x = \frac{b}{p} x', \quad y = \frac{b}{p} y', \quad z = \frac{b}{p} f \quad \dots (2)$$

und substituiert (1) und (2) in (I), so resultieren die für den allgemeinen Fall [= Fall c)] geltenden Beziehungen zwischen Bild- und Modellkoordinaten zu

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{b}{p} \left[ x' \cdot \cos \Phi \cos K - y' \cdot \cos \Phi \sin K + f \cdot \sin \Phi \right] + X_0 \\
 Y &= \frac{b}{p} \left[ x' (\cos \Omega \sin K + \sin \Omega \sin \Phi \cos K) + \right. \\
 &\quad \left. + y' (\cos \Omega \cos K - \sin \Omega \sin \Phi \sin K) - f \cdot \sin \Omega \cos \Phi \right] + Y_0 \dots (II) \\
 Z &= \frac{b}{p} \left[ x' (\sin \Omega \sin K - \cos \Omega \sin \Phi \cos K) + \right. \\
 &\quad \left. + y' (\sin \Omega \cos K + \cos \Omega \sin \Phi \sin K) + f \cdot \cos \Omega \cos \Phi \right] + Z_0.
 \end{aligned}$$

Spezialisiert man (II) auf  $\Omega = 0$  bzw.  $\Phi = 0$ , wobei in beiden Fällen auch  $K = 0$  wird, so folgt, zunächst für den Fall nur gekippter Modelle [= Fall a)],

$$\begin{aligned}
 X_\Omega &= \frac{b}{p} \cdot x' + X_0 \\
 Y_\Omega &= \frac{b}{p} \left[ y' \cdot \cos \Omega - f \cdot \sin \Omega \right] + Y_0 \quad \dots (III) \\
 Z_\Omega &= \frac{b}{p} \left[ y' \cdot \sin \Omega + f \cdot \cos \Omega \right] + Z_0
 \end{aligned}$$

und für nur verschwenkte Modelle [= Fall b)] erhält man

$$\begin{aligned}
 X_\Phi &= \frac{b}{p} \left[ x' \cdot \cos \Phi + f \cdot \sin \Phi \right] + X_0 \\
 Y_\Phi &= \frac{b}{p} \cdot y' + Y_0 \quad \dots (IV) \\
 Z_\Phi &= \frac{b}{p} \left[ -x' \cdot \sin \Phi + f \cdot \cos \Phi \right] + Z_0.
 \end{aligned}$$

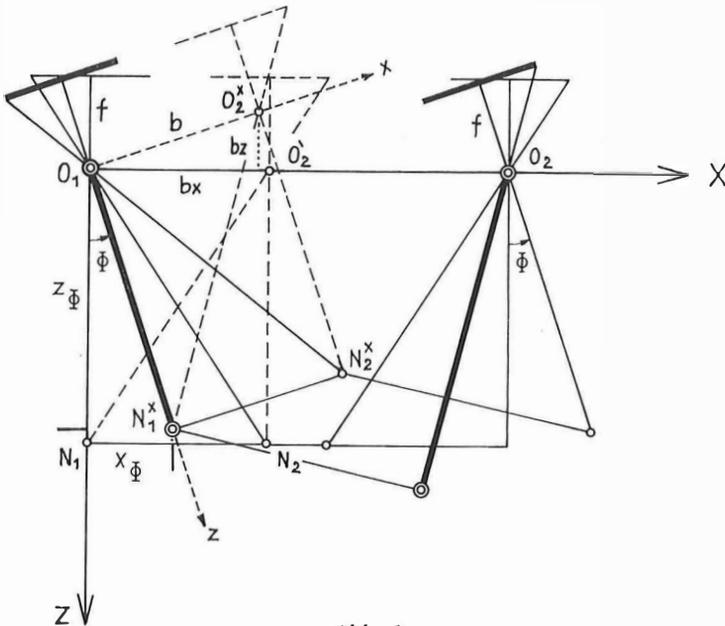


Abb. 1

Die zu den Beziehungen (IV) gehörende *Arbeitsstellung* am Auswertegerät ist in Abb. 1 (als Aufriß) dargestellt.

Wie man sieht, kann der Zusammenhang zwischen Bild- und Modellkoordinaten in diesem Fall aus der Figur unmittelbar abgelesen werden<sup>2)</sup>: Der Ursprung beider Koordinatensysteme ist ident mit dem *linken* Projektionszentrum, falls, wie hier, die zu der gemeinsamen Schwenkung  $\Phi$  gehörende Basiskomponente bz *rechts* gestellt wird.

In den Formelgruppen (II), (III) und (IV) bedeuten:

$$\begin{array}{ll}
 b & \dots \text{ Basis (ausgedrückt im Modellmaßstab)} \\
 f & \dots \text{ Bildweite} \\
 p & \dots \text{ (stereoskopische) Parallaxe} \\
 \left. \begin{array}{l} x' \\ (-) \\ y' \end{array} \right\} & \dots \text{ Bildkoordinaten (im linken Bild)} \\
 \left. \begin{array}{l} \Omega \\ \Phi \\ K \end{array} \right\} & \dots \text{ (gemeinsame) Bündeldrehungen} \\
 \left. \begin{array}{l} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{array} \right\} & \dots \text{ Indexwerte an den Maschinenmaßstäben,}
 \end{array}$$

wobei zwischen den Elementen  $\Omega$ ,  $\Phi$  und  $K$  die Korrelation

$$\tan K = \tan \Omega \sin \Phi \quad \dots \text{ (VI)}$$

besteht (vgl. etwa [6])<sup>3)</sup>.

### 3. Einige Gedanken zu dem Testvorgang

Aus der Herleitung in 2. geht hervor, daß die eingangs erwähnten „Aufnahmendispositionen“ zu Modelldrehungen führen, wobei im gedrehten System die Beziehungen des Normalfalles gelten [Abb. 1 und (2)]. Bei den in Rede stehenden Testanordnungen handelt es sich sonach um (fiktive) Aufnahmen beliebig geneigten Geländes, dessen (gerechnete) Modelle im Gerät orthogonal ausgemessen werden können. Gitterplatten mit einem 1 cm-Intervall ermöglichen dazu ein gutes Anpassen an die in der Praxis auftretenden Arbeitsstellungen. Mittels Ebenen in verschiedenen  $Z$ -Abständen — also unter Zugrundelegung verschiedener Basisverhältnisse — kann auch kupiertes Gelände simuliert werden.

2) Analog könnte man natürlich auch für den Fall nur gekippter Modelle vorgehen. Für den allgemeinen Fall hingegen ist die rechnerische Herleitung der formelmäßigen Zusammenhänge fraglos vorzuziehen, wenngleich axonometrische Darstellungen zur Veranschaulichung räumlicher Bewegungsvorgänge oft sehr nützlich sind.

3) Es war vorgesehen, an dieser Stelle auch die Rotationen um die sogenannten *Modellachsen* zu behandeln. Aus Raumgründen in diesem Heft mußte dieses Thema zurückgestellt werden.

Für die numerische (punktweise) Berechnung der Testmodelle faßt man die Gitterplatten etwa als *Negative* auf und wählt im Sinne von 2a)–c) bestimmte gewünschte Drehungen. Auch über die „Flugdaten“ kann dabei frei verfügt werden. Am Auswertegerät ergeben sich alsdann — beispielsweise für Basis innen — die in Abb. 2 dargestellten Bildlagen.

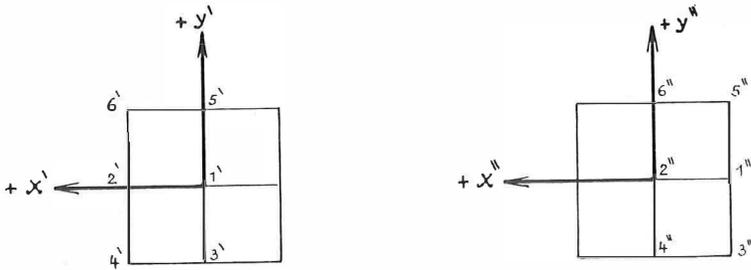


Abb. 2.

Erste Untersuchungen solcher Art sind unter Einbeziehung einer Überprüfung der Genauigkeit in den Angaben der Meßuhren bereits durchgeführt worden. Die Weiterführung der Versuche wird zeigen, inwieweit derartige Testanordnungen aussagekräftiger sind, als die sonst üblichen Prüfverfahren und welche Rückschlüsse auf die Gerätegeometrie bzw. auf die Auswertung in der Praxis gezogen werden können.

In einer Zeit, in welcher die sogenannte „numerische“ Photogrammetrie, bedingt durch die stete Weiterentwicklung auf dem Gebiet des Computerwesens und den zugehörigen Organisationsformen methodisch abermals in Fluß gekommen ist und sinnvolle Kombinationen aus Analog- und Digitalverfahren der Praxis neue erfolgversprechende Aspekte geben, erscheinen — wie auch die z. Zt. laufenden Arbeiten im Rahmen der Kommission II der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie zeigen — alle jene Bemühungen aktuell, die eine möglichst vollständige Erfassung der Gerätefehler zum Ziele haben.

Über den Fortgang der gegenständlichen Untersuchungen und auch über die erwähnten neuen Aspekte wird — in Zusammenhang mit [6] — in einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift berichtet werden.

#### Literaturnachweis

[1] B. Hallert: Tolerances of Photogrammetric Instruments and Methods. Int. Archiv. f. Photogrammetrie, Band XV (1965) Lissabon.

[2] B. Hallert: Kalibrierung von Auswertegeräten und Nahaufnahmekammern. Schweiz. Z. f. V. 1966/4.

[3] K. Schwidofsky: Überblick über optische und mechanische Fehlerquellen in photogrammetrischen Präzisionsgeräten. Bildmessung und Luftbildwesen, 1967.

[4] K. Szangolies: Vorschläge zur einheitlichen Testung und Bewertung von Stereoauswertegeräten. Jena, 1966.

[5] J. Bernhard: Über periodische Prüfungen des Justierungszustandes photogrammetrischer Auswertegeräte I. Ordnung. Österr. Z. f. V. 1964/3.

[6] J. Bernhard: Über Bündel- und Modelldrehungen an Analoggeräten mit zwei Aufpunkten. Österr. Z. f. V. 1967/6.

## Vorschläge zur räumlichen Aerotriangulation

von *Karl Killian*, Wien

Die Fortschritte in der räumlichen Aerotriangulation verdanken wir den Verbesserungen der Aufnahme- und Auswertegeräte sowie theoretischen und praktischen Untersuchungen und der Einführung der elektronischen Rechenanlagen.

Seit Beginn der räumlichen Aerotriangulation ist diese jedoch *ihren Wesen nach unverändert geblieben*; denn bei dem im Grunde genommen geometrischen Problem werden — von wenigen Ausnahmen abgesehen — immer dieselben Größen gemessen bzw. gesucht. Nur die Fehler der gemessenen Größen sind kleiner geworden und ihre Wirkung sowie die Ausgleichung der räumlichen Netze wurden eingehender studiert und die Ergebnisse praktisch brauchbar gemacht.

Die erwähnten Ausnahmen betreffen Geräte zur Messung weiterer Größen: *Statoskop, Horizontkammern, Radar-Höhenprofil-Schreiber (APR), Sonnenkammer und Horizontkreisel*.

Die Genauigkeit der von den ersten zwei Geräten gelieferten Daten reicht nicht hin um daraus die bei der Aneinanderreihung weniger Teilmodelle auftretenden Unsicherheiten beseitigen zu können. Offenbar aus diesem Grunde wurden diese beiden Geräte bald nach ihrer Einführung nur noch selten verwendet. Jedoch ihr Nutzen für die Überbrückung größerer festpunktloser Räume, ihre Einfachheit und insbesondere der Mangel von besseren Geräten brachte in den letzten Jahren diese beiden Geräte wieder zur Geltung.

Die nach dem *APR-Verfahren* bestimmten Höhen von Geländepunkten weisen je nach ihrer Art sehr verschiedene Genauigkeiten auf ( $\pm 3$  m bei gut gewählten Punkten.) Sie können daher nur mit geringem Gewicht in die Ausgleichung eingeführt werden. Es ist anzunehmen, daß die Distanzmessung mit Laser höhere Genauigkeit ergibt [1].

Das von *S. Finsterwalder* vorgeschlagene und theoretisch begründete, sehr aussichtsreiche Verfahren bei dem die Richtung zur Sonne mit den Strahlenbündeln verbunden wird wurde vermutlich nur von *Santoni* praktisch verwendet, obwohl der für die praktische Auswertung damals abschreckend große numerische Rechenaufwand heute nicht mehr besteht.

Aus der photogrammetrischen Literatur ist zu ersehen, daß die in der Luftbildmessung verwendeten *Horizontkreisel* nicht den gewünschten Erfolg zeigten. Daneben sind die physikalischen und konstruktiven Eigenschaften dieser Kreisel, von denen doch allein das Ergebnis abhängt, kaum erwähnt. Horizontkreisel, die ähnlich den Navigationskreiseln Stützeinrichtungen aufweisen, eignen sich nicht für die Luftbildmessung. Der vom Verfasser vorgeschlagene nicht gestützte Horizontkreisel ist verhältnismäßig einfach zu bauen. Er hofft, daß seine schon nun 16 Jahre alten Vorschläge doch noch Beachtung finden werden [6, b].

*Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die bekannten Geräte zur Messung weiterer Größen unzureichend sind.* Diese Größen können im allgemeinen nicht direkt verwendet werden; ihre Genauigkeit ist zu gering. Trotzdem können die Daten dieser Geräte insbesondere bei der Überbrückung großer festpunktloser Räume gute Dienste leisten, *weil die Fehlerfortpflanzung mit der Entfernung nicht oder nicht so steil ansteigt, wie die der reinen Aerotriangulation.*

Einen anderen Weg zur Messung von Größen, die für die Aerotriangulation bedeutungsvoll sind, hat der Verfasser [6,c] beschrieben. Dieser Vorschlag wird kurz wiederholt und erweitert:

Ein Verband von 3 Vermessungsflugzeugen 1, 2, 3 (Abb. 1) bildet ein gleichseitiges Dreieck von zirka 10 km Seitenlänge. Jedes der drei Flugzeuge ist mit modernen Autopiloten und photogrammetrischen Reihenbildkammern ausgerüstet. Liegen Weitwinkelkammern  $18 \times 18$ ,  $f = 12,5$  cm vor und ist die Flughöhe 4 km, so ist die aufgenommene Geländefläche etwa je  $6 \times 6$  km. Die Weitwinkelkammern weisen Zusatzeinrichtungen auf, die, ähnlich dem zur Horizontabbildung bestimmten Verfahren von *Nenonen*, die Flugzeuge gegenseitig abbilden. Die Verschlüsse der drei Vermessungskammern werden hinreichend gleichzeitig elektronisch ausgelöst. Ferner besitzt jedes der drei Flugzeuge ein *Registrierstoskop und eine Einrichtung zur Entfernungsmessung* (mit zeitlicher Registrierung) zu den beiden anderen Flugzeugen.

Es entspricht dem heutigen Stande der Technik, wenn man die Forderung stellt, diese Entfernungen auf einen dm genau mit *Laser* zu messen. Die Entfernungsmessung mit *Laser* an Stelle von cm- und dm-Wellen hätte auch den Vorteil, daß die *Anzielung von Tripelspiegeln erfolgen könnte und daß eine automatische Nachführung des Laserstrahles auf verhältnismäßig einfache Weise durchführbar wäre.*

Aus diesen gemessenen Entfernungen, den Höhendifferenzen, gemessen mit den Stoskopern, und den „Vertikalwinkeln“, gemessen mit den Zusatzeinrichtungen der Kamern, können die *Bildnadire* auf etwa  $1^c$  genau bestimmt werden [6,c]. Die mit diesen Zusatzeinrichtungen photogrammetrisch bestimmten Positionswinkel des Standpunktedreieckes (Ecken dieses Dreieckes sind die Mittelpunkte  $O_1, O_2, O_3$  der Objektive) dienen zur Kontrolle bzw. Ausgleichung der auf  $O_1, O_2, O_3$  reduzierten Entfernungen.

Zur Beurteilung des Wertes des vorgeschlagenen Verfahrens werden nun die Abschnitte a), b), c) behandelt:

#### a) Die Anzahl der abgebildeten Festpunkte

Wir fragen nach der Wahrscheinlichkeit, daß auf *einem* Luftbild 0, 1, 2, 3 . . . Punkte eines gegebenen Dreiecksnetzes abgebildet werden? Zur Vereinfachung unserer, dem Gebiet der geometrischen Wahrscheinlichkeiten angehörigen Aufgabe, machen wir zwei Annahmen:

1. Das Dreiecksnetz besteht aus aneinandergereihten gleichseitigen Dreiecken, die die ganze Ebene bedecken.
2. Das Luftbild ist kreisförmig (man kann auch sagen auf die fast in den Ecken gelegenen Punkte des Bildes wird verzichtet).

Es bedeuten:  $s$  = Seitenlänge der Netzdreiecke,  $u$  = Umkreisradius dieser Dreiecke,  $r$  = Radius der kreisförmigen Geländefläche die mit einem Luftbild aufgenommen wird, und  $M$  = Mittelpunkt dieser Kreisfläche. Wir unterscheiden folgende Fälle: 1)  $0 < r < \frac{s}{2}$ ; 2)  $\frac{s}{2} < r < u$ ; 3)  $u < r < s$ . Aus den drei schraffierten Dreiecken der Abb. 2 erkennt man, daß kein, ein, zwei oder drei Punkte innerhalb des Kreises

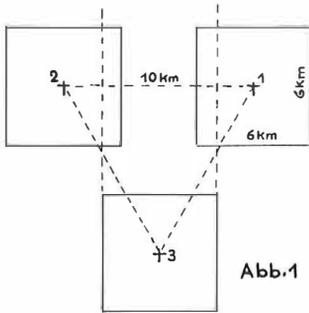


Abb.1

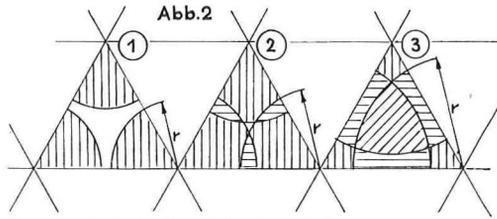


Abb.2

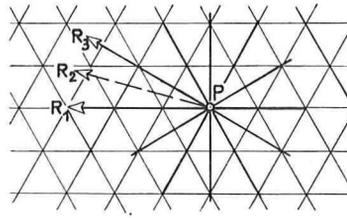


Abb.3

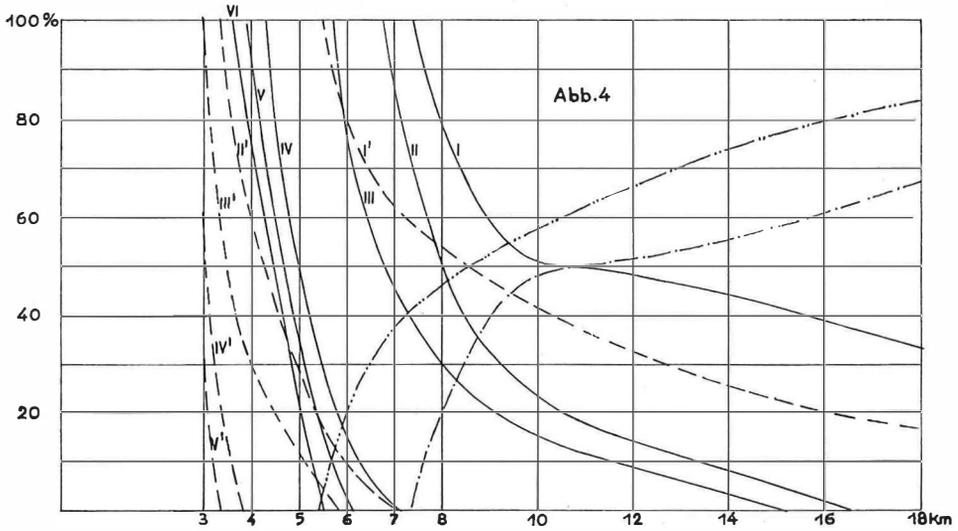


Abb.4

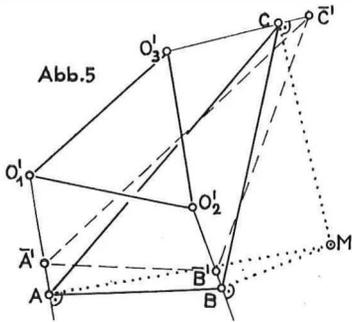


Abb.5

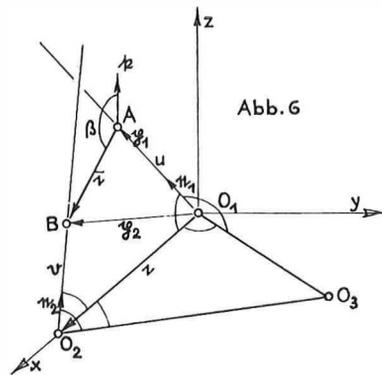


Abb.6

mit dem Radius  $r$  zu liegen kommen je nachdem ob der Mittelpunkt  $M$  innerhalb der nicht — der vertikal —, der horizontal- bzw. der schräg schraffierten Fläche angenommen wird. Die Berechnung der gefragten Wahrscheinlichkeiten besteht sodann in der Bildung des Quotienten der entsprechenden Teilflächen  $f$  eines Netzdreieckes zur Gesamtfläche  $F$  dieses Dreieckes.

Liegt z. B. Fall 1. vor, so ist die Wahrscheinlichkeit  $W$ , daß ein Festpunkt abgebildet wird

$$W = \frac{f}{F}, f = \frac{1}{2} r^2 \pi, F = \frac{s^2}{4} \sqrt{3}$$

$$W = 3,6 \left( \frac{r}{s} \right)^2 \quad \dots (1)$$

Wir greifen den sehr aufschlußreichen Fall  $r = u$  heraus. Man erkennt, daß drei Punkte praktisch niemals abgebildet werden, und daß ein Punkt auf jeden Fall abgebildet wird. Setzt man  $r = u = 3$  km, so folgt:  $s \approx 5,2$  km.

Unter unseren Annahmen und unter Beachtung des räumlichen Rückwärts-einschneidens eines Standpunktedreiecks (siehe unter b) oder [6,c]) folgt:

*Sind die Seiten eines Festpunktenetzes  $s \approx 5,2$  km, so ist das gewöhnliche räumliche Rückwärtseinschneiden niemals möglich, während das räumliche Rückwärtseinschneiden des Standpunktedreiecks immer möglich ist.*

Wir beantworten noch die Frage: Wie groß muß  $s$  sein, damit mit einem Bildverband (= drei von einem Stadtpunktedreieck gleichzeitig aufgenommene Bilder) gerade noch drei Festpunkte abgebildet werden können? Wir ziehen drei Kreise ( $r = 3$  km), deren Mittelpunkte mit den Eckpunkten des Standpunktedreieckes zusammenfallen. Ein gleichseitiges Dreieck, dessen Seiten parallel zu den Seiten des Standpunktedreieckes sind und dessen Ecken je in einem der drei Kreise liegen, ist das gesuchte Dreieck. Es ergibt sich  $s = 15,2$  km.

Zur Abschätzung der Anzahl der auf den Bildern eines Bildstreifens und eines Bildverbandstreifens abgebildeten Festpunkte betrachten wir wieder Festpunktenetze, die aus aneinandergereihten gleichseitigen Dreiecken bestehen.

Wir gehen von einem beliebigen Punkt  $P$  des Netzes aus (Abb. 3). Es gibt unendlich viele Richtungen, in denen der Bildstreifen bzw. der Bildverbandstreifen geflogen werden kann. Zwölf Richtungen (in der Abb. voll ausgezogen) bilden Symmetrieachsen bezüglich aller Netzknoten. Von diesen zwölf Richtungen gibt es nur zwei, die bezüglich ihrer Lage gegenüber den Netzknoten voneinander wesensverschieden sind. Die Winkelsymmetralen der zwölf Richtungen (eine ist in der Abb. 3 strichliert gezeichnet) weisen in diesem Sinne untereinander ebenfalls keine Unterschiede auf. Mit der Untersuchung der Vermessungsflüge in diesen drei Richtungen  $R_1, R_2, R_3$  sind also 24 Richtungen untersucht. Es wurden Netze mit Seitenlängen von 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18 cm (Maßstab 1:100.000) gezeichnet. Ferner wurde Abb. 1 auf Transparentpapier gezeichnet (Standpunktedreieck mit 10 cm Seitenlänge und Aufnahmegebiete mit  $6 \times 6$  cm). Dieses Transparent wurde z. B. auf das Dreiecksnetz  $s = 5$  cm so gelegt, daß der beliebige Punkt  $P$  mit dem Hauptpunkt des Bildes 3 zur Deckung kam. Darauf wurde das Transparent aufeinanderfolgend in den Richtungen  $R_1, R_2, R_3$  jeweils um 2 cm (Basis) ver-

schoben, und die Anzahl der Punkte wurde abgezählt, die jeweils innerhalb der Aufnahmegebiete lagen. Um gute Mittelwerte zu erhalten wurden alle Bildverbandstreifen und Bildstreifen auf 32 cm ausgedehnt. Das Ergebnis ist in Abb. 4 dargestellt.

Die voll ausgezogenen Kurven (I bis VI) beziehen sich auf *Bildverbandstreifen*. Die strichlierten Kurven (I' bis V') beziehen sich auf *Bildstreifen*.

Die Kurve I zeigt die Wahrscheinlichkeit, daß auf den *Bildverbänden des Bildverbandstreifens* mindestens ein Festpunkt abgebildet wird, wenn die Seiten  $s$  des Festpunktnetzes 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18 km betragen. Man erkennt, daß der Reihe nach 100, 80, 52, 48, 44, 35, und 32% wahrscheinlich sind.

Die Kurve II zeigt die Wahrscheinlichkeit, daß auf den *Bildverbänden des Bildverbandstreifens* mindestens zwei Festpunkte abgebildet werden, wenn die Seiten  $s$  des Festpunktnetzes 6 bis 18 km betragen. Ebenso zeigen die Kurven III, IV, V, VI die Wahrscheinlichkeit daß mindestens 3, 4, 5, 6 Punkte abgebildet werden. Die strichpunktierte Kurve gibt an, wieviel Bildverbände des Bildverbandstreifens keinen Festpunkt abbilden. Die Kurven I' bis V' beziehen sich auf Bildstreifen und sind analog den Kurven I bis V.

#### b) Paßpunkte und Lagebestimmung des Standpunktedreiecks

Die mit der Aerotriangulation auszuwertenden Punkte können luft sichtbare, gut definierte Geländepunkte oder signalisierte Punkte sein. Aus den Luftbildern werden vor ihrer Auswertung jene Punkte gewählt, die terrestrisch vermessen werden sollen. An Hand der Luftbilder werden die ausgewählten Punkte im Gelände aufgesucht.

Die terrestrischen Messungen können sein: flüchtige Nivellements, Höhenzüge, Polygonzüge, Triangulationen und Azimutbestimmungen. Dazu sei bemerkt, daß die Vermessungen dieser Punkte *nicht unbedingt mit dem Ausgangsnetz der Festpunkte verbunden sein müssen*. Sie können dennoch für die Aerotriangulation sehr wertvoll sein. Dieser Fall wird sich besonders häufig dann ergeben, wenn man Hubschrauber zur terrestrischen Vermessung der Paßpunkte einsetzt. Die *astronomische Azimutbestimmung der Richtung von einem luft sichtbaren Punkt zu einem anderen mindestens etwa 5 km entfernten luft sichtbaren Punkt*, kann für unser Verfahren wichtig sein [siehe c) 2)]. Zum Unterschied von Polhöhenbestimmungen können bekanntlich astronomische Azimutbestimmungen rasch und einfach mit der erforderlichen Genauigkeit durchgeführt werden. Gewöhnlich werden außerdem elektronische Entfernungsmessungen und die Messungen der Höhenunterschiede zwischen den beiden Punkten oder zwischen einigen luft sichtbaren Punkten durchgeführt; es ergeben sich sodann azimuthal orientierte Punktgruppen bzw. Polygonzüge. Entfernungsmessungen sind für unser Verfahren jedoch weniger wichtig [siehe c) 2)].

Sind auf einem Luftbild vier (mindestens drei) luft sichtbare Punkte abgebildet, die im Gelände gegenseitig sichtbar sind, und werden in diesen vier Punkten nur die möglichen Horizontal- und Vertikalwinkelmessungen durchgeführt, so kann nach dem räumlichen Rückwärtseinschneiden die Berechnung des Bildnadirs erfol-

gen [6, a]. Eine Entfernungs- oder Höhenmessung ist dazu nicht erforderlich. Damit ergibt sich eine Kontrolle des auf andere Weise bestimmten Bildnadirs (siehe Einleitung). Der Maßstab des räumlichen Geländeviereckes wird bei der Auswertung aus den Luftbildern bestimmt.

Das *räumliche Rückwärtseinschneiden eines Dreiecks (Standpunktdreieck)* ist für das vorgeschlagene Verfahren bedeutungsvoll und wurde vermutlich in [6, c] erstmalig behandelt. Es besteht in der Aufgabe, drei sich nicht in einem Punkt schneidende Geraden (= Zielstrahlen, die mit den Seiten des Standpunktdreiecks bekannte Winkel bilden) mit einer Ebene so zu schneiden, daß die Schnittfigur und ein gegebenes Dreieck (Festpunktdreieck) kongruent werden.

Die wichtige geometrische Bedingung für das Auftreten der *gefährlichen Lage eines Standpunktdreiecks in Bezug auf ein Festpunktdreieck* kann lediglich aus der Anschauung gefolgert werden:

Das Dreieck  $ABC$  legen wir in die Zeichenebene.  $O_1', O_2', O_3'$  seien die orthogonalen Projektionen der Zentren auf die Zeichenebene. Auf die somit in der Zeichenebene dargestellten Grundrisse der drei Zielstrahlen fällen wir in den Punkten  $A, B, C$  Lote. Angenommen, es würden sich die drei Lote zufällig in einem Punkt  $M$  schneiden, so bildet  $M$  das Momentanzentrum für die Drehung des Dreiecks  $ABC$  in die unendlich benachbarte Lage  $\overline{A'}, \overline{B'}, \overline{C}'$ . Die in  $\overline{A'}, \overline{B'}, \overline{C}'$  auf die Zeichenebene errichteten Lote schneiden die räumlichen Zielstrahlen in den Punkten  $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}$ . Die durch  $\overline{A}, \overline{B}, \overline{C}$  bestimmte Ebene schließt mit der Zeichenebene einen unendlich kleinen Winkel ein. Daher unterscheiden sich die Seiten des Dreiecks  $\overline{ABC}$  nur um unendlich kleine Größen zweiter Ordnung von ihren Projektionen. Die Dreiecke  $ABC$  und  $\overline{ABC}$  sind somit bis auf Größen zweiter Ordnung kongruent. Schneiden sich also die durch  $A, B, C$  gezogenen Lote in einem Punkt  $M$ , so liegt eine gefährliche Lage des Standpunktdreiecks in Bezug auf das Festpunktdreieck vor.

*Die Untersuchung ob in einem gegebenen Fall diese gefährliche Lage vorliegt, besteht somit in der Prüfung ob sich die in  $A, B, C$  auf den Grundrissen der Zielstrahlen errichteten Normalen in einem Punkt schneiden.* Bei einigermaßen horizontalem Gelände ist die zeichnerische Prüfung sehr einfach; Standpunktdreieck und Festpunktdreieck sind für diese Untersuchung genügend genau parallel.

Bemerkung: Eine gefährliche Lage eines Standpunktdreiecks in Bezug auf ein Festpunktdreieck tritt wie erklärt dann auf, wenn eine unendlich kleine Bewegung des Festpunktdreiecks möglich ist. In [6, c] S. 186 wurde auch die Beweglichkeit des Standpunktdreiecks untersucht. Bei dieser unendlich kleinen Bewegung dieses Dreiecks ändern sich jedoch die Winkel zwischen den Seiten des Standpunktdreiecks mit den Zielstrahlen. Es liegt daher in diesem Fall eine gefährliche Lage im weiteren Sinne vor; die gemessenen Größen ändern sich bei der genannten unendlich kleinen Bewegung nur teilweise.

*Setzt man voraus, daß die Bestimmung der Lotrichtung in Bezug auf das Standpunktdreieck hinreichend genau erfolgt, so genügen zum Rückwärtseinschneiden des Standpunktdreiecks nur zwei Festpunkte, die auf zwei verschiedenen Bildern des Bildverbandes abgebildet sein können.*

Die Aufgabe führt zu einer Gleichung zweiten Grades: Das Dreieck  $O_1, O_2, O_3$  legen wir entsprechend Abb. 6 in die  $x, y$ -Ebene.  $A, B$  sind die zwei von  $O_1$

und  $O_2$  aus abgebildeten Festpunkte. Der Vertikalwinkel  $\beta$  von  $A$  nach  $B$  und ebenso die übrigen in der Abb. eingezeichneten Winkel wurden gemessen. Aus letzteren berechnen wir die Richtungswinkel  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1; \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$  und finden damit die Einheitsvektoren  $e_1$  und  $e_2$ . Wir suchen  $\overline{O_1 A} = u$  und  $\overline{O_2 B} = v$ . Aus der Abb. folgt

$$ue_1 + \overline{c} = c + ve_2$$

Wir multiplizieren diese Gleichung skalar mit  $f$  und erhalten

$$u = k_1 v + k_2 \quad \text{wobei } k_1 \text{ und } k_2 \text{ Konstante sind. Aus der Abb.}$$

folgt:

$$p_1 = ue_1 = u(\cos\alpha_1 i + \cos\beta_1 j + \cos\gamma_1 f)$$

$$p_2 = c + ve_2 = x_2 i + v(\cos\alpha_2 i + \cos\beta_2 j + \cos\gamma_2 f)$$

Wir bilden  $\overline{c}^2 = (p_2 - p_1)^2$  und erhalten eine quadratische Gleichung in  $u$  und  $v$ . Setzt man für  $u$  den obigen Wert ein, so haben wir eine quadratische Gleichung für die Berechnung von  $v$ .

### c) Fehlerabschätzung

Eine genaue Fehlerberechnung, die unter Beachtung der auftretenden Korrelationen der Fehler geschehen müßte, ist sehr schwierig und eine elektronische Durchrechnung einer nach obigem Vorschlage angenommenen Aerotriangulation, bei der alle gemessenen Größen sodann innerhalb der auftretenden möglichen Fehler nach freier Wahl oder automatisch (Zufallsgenerator) variiert werden, ist sehr kostspielig und zeitraubend.

Die unten durchgeführte Fehlerabschätzung genügt für eine generelle Beurteilung des Verfahrens und dies umso mehr als nur Vergleiche zwischen den bekannten und dem vorgeschlagenen Verfahren der Aerotriangulation zu ziehen sind.

Bei einem Bildstreifen und ebenso bei einem Bildverbandstreifen treten *Längs-(x), Quer-(y) und Höhen-(z)-Fehler* auf. Wir untersuchen in beiden Streifen die Fehlerfortpflanzungsgesetze und stellen sie einander gegenüber.

#### 1. Fehlerfortpflanzungsgesetz der Bildstreifen

Zunächst setzen wir ein kleines Gebiet mit terrestrischen Festpunkten voraus, von denen der Bildstreifen ausgeht und sich beliebig weit erstreckt. Wir nennen:  $m_x, m_y, m_z$  = mittlerer Fehler in der  $x, y, z$ -Richtung,  $b$  = Basislänge (im ganzen Streifen gleich lang angenommen)  $m_{ii}$  = mittlerer Fehler der Maßstabübertragung von einem Teilmodell zum folgenden Teilmodell,  $m$  = mittlerer azimuthaler Winkelfehler zwischen zwei aufeinanderfolgenden Basen,  $m_\beta$  = mittlerer Fehler der Höhenwinkel,  $n$  = Anzahl der Luftstandpunkte. Somit ist

$$m_x = m_{ii} \frac{b}{\sqrt{3}} n \cdot \sqrt{n}; \quad m_y = m \frac{b}{\sqrt{3}} n \cdot \sqrt{n}; \quad m_z = m_\beta \frac{b}{\sqrt{3}} n \cdot \sqrt{n} \quad \dots \quad (2)$$

Diese Gln. folgen aus den in [2] abgeleiteten Gln. 5. und 6. wenn man dort  $s = (n-1)b$  setzt und die Eins gegen  $n$  klein ist und wenn man ferner die Fehler am Anfang des Streifens negiert. Man siehe auch [8] S. 276 (in Gl (9.8) dieses Buches wurde versehentlich  $m_\alpha$  an Stelle von  $m$  gesetzt).

Der Maßstabübertragungsfehler  $d_{ii}$  wird definiert als Differenz der relativen Basisfehler von zwei aufeinanderfolgender Basen.

$$d_{ii} = \frac{db_i}{b_i} - \frac{db_{i-1}}{b_{i-1}} \approx \frac{1}{b} (db_i - db_{i-1}) \quad \dots (3)$$

Die Gln. 2. setzen nur zufällige Fehler voraus und zeigen, daß die mittleren Fehler  $m_x, m_y, m_z$  mit  $n^{3/2}$  ansteigen. Daß bei Auftreten von nur systematischen Fehlern dieses Ansteigen mit  $n^2$  erfolgt [4] und daß das Zusammenwirken von nur zufälligen Einzelfehlern einen Verlauf ergibt, der den Charakter von systematischen Fehlern aufweist [3], [7], bleibt bei unserer Fehlerabschätzung unbeachtet.

Das in den Gln. 2) angeführte Fehlerfortpflanzungsgesetz ist identisch mit dem eines *gestreckten fliegenden Theodolitzuges*. (Er geht von einem Festpunkt aus und hat *eine* Anschlußrichtung). Setzt man nämlich z. B. in [5] S. 574, Gl. 9)  $L = (n - 1) \cdot s$  und vernachlässigt man die Eins gegen  $n$ , so erkennt man dasselbe Fehlergesetz.

Wir fragen jetzt nach der größten Querauslenkung  $m'_y$ , eines *gestreckten eingehängten Theodolitzuges*, d. h. eines Zuges, der sich von einem Festpunkt zu einem andern erstreckt, jedoch *keine* Richtungsanschlüsse aufweist. Dieser entspricht der Aerotriangulation zwischen zwei Festpunkten. Analog den in [5] S. 572 bis 580 angeführten Ableitungen wurde die größte Querauslenkung  $m'_y$  eines eingehängten Theodolitzuges abgeleitet. Da die größte Querauslenkung in der Mitte des Zuges auftritt, wurde zur Vereinfachung der Rechnung für  $n$  eine ungerade Zahl angenommen.

$$m'_y = m \frac{b}{\sqrt[4]{48}} \sqrt{(n-1)^3 + 2(n-1)} \quad \dots (4)$$

Im vorliegenden Fall muß die Eins gegenüber  $n$  nicht unbedingt sehr klein sein, und es wurde daher bei der Ableitung keine Vernachlässigung gemacht. Ist  $n$  hinreichend groß, so wird:

$$m'_y = m \frac{b}{\sqrt[4]{48}} n \cdot \sqrt[4]{n} \quad \dots (5)$$

d. h. die Querauslenkung  $m'_y$  eines eingehängten Zuges verhält sich zur Querauslenkung  $m_y$  eines fliegenden Zuges von derselben Länge wie  $\sqrt[4]{48} : \sqrt[4]{3} = 4$ . Zu demselben Ergebnis gelangt man, wenn man in [2] Gl. 11.  $s = S:2$  setzt und nur den ersten Term dieser Gl. beachtet.

## 2. Fehlerfortpflanzungsgesetze der Bildverbandstreifen

Aus der Gl. 3. ersieht man, daß bei konstantem Maßstabsübertragungsfehler die Fehler der Basen proportional mit der Streifenlänge  $x$  anwachsen. Diese Tatsache bewirkt, daß  $m_x$  mit  $n \cdot \sqrt[4]{n}$  wächst. Beim Bildverbandstreifen hingegen wachsen die Basisfehler *nicht* mit der Entfernung: Denkt man sich aus den drei Bildstreifen Punkte ausgewertet die den querüberdeckten Gebieten angehören, so erkennt man, daß fortlaufend größer werdende Fehler in den Basen der drei Bildstreifen nicht die Bedingung erfüllen können, daß die bekannten Längen der Seiten  $O_1, O_2$  aller Standpunktedreiecke gewahrt bleiben. Weitere Bedingungen für die

Basislängen ergeben sich, wenn man auch die beiden anderen Seiten aller Standpunktedreiecke beachtet, d. h. die Seitenlängen aller Standpunktedreiecke müssen gewahrt bleiben. Daraus folgt, daß die Fehler der Basen unabhängig sind von der Entfernung  $x$ . Die Fehlerfortpflanzung eines Bildverbandstreifens entspricht daher dem  $\sqrt{n}$ -Gesetz (Strecke bestehend aus gemessenen gleich langen Teilstrecken mit gleichen Fehlern). Außerdem wird der vor die Wurzel zu setzende Faktor im Vergleich zu  $m_{ii}$  sehr klein werden.

Dagegen unterscheidet sich der Querfehler eines Bildverbandstreifens nicht wesentlich von dem eines Bildstreifens. Man kann nämlich ein Standpunktedreieck gegenüber dem vorhergehenden Standpunktedreieck azimuthal um einen kleinen Winkel auslenken, dabei ändern sich die Dimensionen der Dreiecke und die Basislängen nur in höherer Kleinheitsordnung. Beim Verbandstreifen ist eine etwas kleinere Auslenkung zu erwarten wie beim Streifen weil drei Bildpaare aneinandergereiht werden ( $\sqrt{3} \times$  kleinere Auslenkung). Aus [4] S. 132 folgt ferner, daß  $m_y$  nur etwa  $m_x : \sqrt{5}$  ist. Aber das gefährliche Fehlerfortpflanzungsgesetz:  $n \cdot \sqrt{n}$  bleibt bestehen. Dieser Fehleranhäufung kann man jedoch folgendermaßen enge Grenzen setzen.  $\alpha$ ) Teilweise oder vollkommene Doppelaufnahme des Gebietes mit Bildverbandstreifen die aufeinander normale Richtungen aufweisen.  $\beta$ ) Sehr günstig sind auch astronomische Azimutbestimmungen (siehe unter b)).

Die Genauigkeit der nach dem vorgeschlagenen Verfahren bestimmten Bildnadire entspricht der Auswertegenauigkeit und ist überdies von der Streifenlänge  $x$  unabhängig. Die Höhenfehler wachsen daher mit  $\sqrt{n}$  an. Diese Tatsache kann man auch auf folgende Weise veranschaulichen: Wir denken uns von einem Bildstreifen die Teilmodelle ausgewertet. Alle sind zur Lotrichtung orientiert. Sodann setzen wir die Teilmodelle zu einem Modellstreifen zusammen. Dieser Vorgang entspricht im wesentlichen einem terrestrischen Nivellement.

Trotz der ungefährlichen Fehlerfortpflanzung ist bei großen Streifenlängen eine Überwachung der anwachsenden Höhenfehler notwendig. Diese kann folgendermaßen geschehen:

$\alpha$ ) Aus der Luftbildauswertung von möglichst weit zerstreut gelegenen Höhenfestpunkten und aus den Stoskopablesungen wird die Neigung der isobaren Fläche bestimmt, in der die Flugzeuge annähernd fliegen. Diese wird als Bezugsfläche für die Geländehöhen angenommen, wodurch dem Anwachsen der Höhenfehler Schranken gesetzt sind.

$\beta$ ) Ausgedehnte flüchtige terrestrische Nivellements, die luft sichtbare Punkte beinhalten, wirken sehr günstig auch dann, wenn sie von keinem Höhenfixpunkt ausgehen [siehe b)].

#### Zusammenfassung

Das vorgeschlagene Verfahren erfordert einen großen technischen Aufwand und Entwicklungsarbeiten. Aber die Herstellung der erforderlichen Geräte ist nicht nur möglich, sondern sie ist dem heutigen Stand der Technik entsprechend. Der Zweck der vorliegenden Veröffentlichung ist es, aufzuzeigen, was bei Bestehen der erforderlichen Einrichtungen erreicht werden könnte, um daraus folgern zu können, ob Aufwand und voraussichtlicher Erfolg in einem richtigen Verhältnis stehen.

Allein das Erfordernis von drei Vermessungsflugzeugen mag Bedenken erregen. Es muß jedoch beachtet werden, daß man mit drei Flugzeugen in der gleichen Zeit die dreifache Gebietsgröße aufnehmen kann, wodurch eine dreimal bessere Ausnützung der jährlich möglichen Flugtage gegeben wäre.

Das vorgeschlagene Verfahren ist nicht nur eine Triangulation aus der Luft, sondern infolge der fortlaufenden Vermessung der Standpunktdreiecke auch eine *Triangulation in der Luft*. Nehmen wir z. B. an, zur Aufnahme eines Vermessungsgebiets wurden 6000 Luftbilder gebraucht. *Im Zuge dieser Aufnahmen* sind sodann 2000 Standpunktdreiecke mit Seitenlängen von ca. 10 km trianguliert worden. Die terrestrische Vermessung von 2000 Dreiecken mit Seitenlängen von ca. 10 km würde einen enormen Aufwand erfordern. Jedoch für die Luftbildmessung wäre ihr Wert sogar viel geringer als der der Standpunktdreiecke.

*Das räumliche Rückwärtseinschneiden von Standpunktdreiecken* weist große Vorteile auf. Diese liegen in der weitgehenden Anwendungsmöglichkeit und in der gleichzeitigen Festlegung von drei Luftstandpunkten.

Wie einleitend erklärt wurde, werden ferner in allen Luftbildern die Nadirpunkte bestimmt. Daraus ergeben sich *das räumliche Rückwärtseinschneiden eines Standpunktdreiecks nach zwei Festpunkten* und ferner *das günstige Fehlerfortpflanzungsgesetz für die Bestimmung der Geländehöhen*. Darüber hinaus folgt noch, *daß die zur gegenseitigen und absoluten Orientierung der Luftbilder erforderliche Zeit unvergleichlich kürzer wird*.

Überraschend groß sind die in Abb. 4 dargestellten Vorteile bezüglich der Abbildung von Festpunkten, und die unter c) angeführten Fehlerabschätzungen zeigen eine weitere *Überlegenheit des vorgeschlagenen Verfahrens* gegenüber den bekannten Verfahren, *die umso größer ist, je größer die zu überbrückenden festpunktlosen Räume sind*. [Unter c) ist gezeigt, daß diese Überlegenheit etwa linear mit der Länge der festpunktlosen Gebiete ansteigt]. Das Verfahren wird sich daher für die Vermessung festpunktarmer Großgebiete besonders gut eignen.

#### Literatur

- [1] *Draheim, H.*: Geodolite (= Laserentfernungsmesser) A. V. N. 75. J. 1968 H. 1.
- [2] *Finsterwalder, S.*: Die Fehlergesetze gleichförmiger gestreckter Dreiecksketten, Sitzungsber. d. Bayr. Akad. d. Wiss. math.-naturwissensch. Abt. 1933, S. 149–177.
- [3] *Gothardt, E.*: Der Einfluß unregelmäßiger Fehler auf die Luftbildtriangulation. Z. f. V. 73. J. 1944 H. 4.
- [4] *Gruber von O.*: Beitrag zur Theorie und Praxis von Aeropolygonierung und Aeronivellements, B. u. L. 10. J. 1935, H. 3.
- [5] *Jordan, Eggert, Kneissl*: Handbuch der Vermessungskunde 10. Aufl. Bd. 2, 1963.
- [6] *Killian, K.*: a) Über das Rückwärtseinschneiden im Raum Ö. Z. f. V. 43. J. 1955 Nr. 6. b) Zur analytischen Luftbildauswertung der Lagekoordinaten . . . Ö. Z. f. V. 49. J. 1961 Nr. 5 und 6. c) Ebenes und räumliches Rückwärtseinschneiden eines Dreiecks in Hinblick auf die Luftbildmessung, Ö. Z. f. V. 54. J. 1966, Nr. 6.
- [7] *Roelofs, R.*: Erreurs Systematiques ou Accidentelles? Photogrammetria 1949, Nr. 1.
- [8] *Schwidersky, K.*: Grundriß der Photogrammetrie, 6. Aufl. 1963.

## Gedanken zur numerischen Lösung der gegenseitigen Orientierung in Analoggeräten

Von *Josef Kovarik*, Wien

Eine Untersuchung der Ergebnisse des Versuches Oberriet der Kommission C der OEEPE [1] hat erneut gezeigt, daß die Resultate von numerischen Auswertungen auf analytischem Wege den Analogauswertungen praktisch *nicht* überlegen sind! Da die analytische Photogrammetrie sowohl Hochleistungscomputern als auch eine elektronische Großrechenanlage verlangt, wird sie außerdem zu einer Domäne von wenigen großen Instituten.

Wo aber unzusammenhängende Flächen, womöglich mit Einzelmodellen, zu bearbeiten sind, dort wird es sehr zu überlegen sein jene Phase, die ein schon vorhandenes Präzisionsauswertegerät zu bringen im Stande ist, nämlich die *mechani-*

sche Bildung von Raumkoordinaten, ohne zwingenden Grund zu übergehen und an die Datenverarbeitung abzutreten. In einem Land wie Österreich, das in der Mehrzahl nur kleinere Operate numerisch zu bearbeiten hat, würde daher der Aufwand für eine analytische Auswertung wirtschaftlich kaum zu vertreten sein.

Im Jahre 1950 schrieb Kasper in [2] am Rande: „... Bei Aufnahmen auf Platten, ... wird man jedoch keine Bilddeformationen wie bei Film zu befürchten haben und mit den üblichen 6 Punkten für die gegenseitige Orientierung auskommen. ...“ Als wenige Jahre später die ersten Plattenweitwinkelaufnahmen im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien vorlagen, stieß man auf unerklärliche Differenzen. Planitätsprüfungen der verwendeten Platten ergaben dann Abweichungen von der Ebene bis zu  $52 \mu\text{m}$ ! Und erst 1958 wurde in [3] u. a. festgestellt: „... Um von den Ge-Werken als ultra-planes Glas angenommen zu werden (Platten für die Photogrammetrie) können die Glasplatten die Toleranzen nicht überschreiten: Format  $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \dots 20 \mu\text{m} \dots$  und  $24 \text{ cm} \times 24 \text{ cm} \dots 28,5 \mu\text{m} \dots$ “ Als Schichtträger bürgt die Platte zwar sicher für äußerste Maßhaltigkeit, aber wie man sieht, hat ihre Planität auch Grenzen. Am bedeutungsvollsten jedoch ist es, daß die für extrem genaue Aufgaben geeigneten Platten i. a. nur durch Sortierung aus der normalen Produktion gewonnen werden können. Einem steigenden Bedarf an solchen Platten könnte also von der Industrie nur bei einer Steigerung der gesamten Plattenproduktion entsprochen werden. Daher wird auch bei Präzisionsvermessungen der Film zwangsläufig immer mehr Verwendung finden müssen.

Wenn nun zwar die für derartige Zwecke entwickelten Spezialfilme wie etwa Cronar, nur geringen Verformungen unterliegen, die generell durch affine Einrechnungen eliminiert werden können (siehe z. B. [4]) so ist doch möglichst sicher zu stellen, daß auch keine lokalen Deformationen vorliegen. Dem wird man am besten durch eine Erhöhung der Schemapunktzahl, soweit sie wirtschaftlich tragbar ist, vorbeugen.

Mit der Frage der Genauigkeitssteigerung bei der gegenseitigen Orientierung hat sich theoretisch z. B. Schmid in [5] befaßt, wobei er einen Punktraster mit  $R$  Kolonnen und  $(2R-1)$  Zeilen über das gesamte Modell legt. Aus der Praxis heraus hat u. a. Kasper in [6] Ergebnisse von Versuchen mitgeteilt, die die optimale Genauigkeit der gegenseitigen Orientierung feststellen sollten.

Vergleicht man diesbezüglich Theorie und Praxis, so bestätigen beide, daß erst Parallaxenmessungen in mehr als 6 Punkten (beide Autoren nennen 15 als Optimum) und numerische Ermittlung der Elemente das praktisch erreichbare Maximum an Genauigkeit bringen. (Es wird dann aber wohl in erster Linie von der Wirtschaftlichkeit abhängen wieviele Punkte man in der Praxis tatsächlich zur Orientierung heranzieht.)

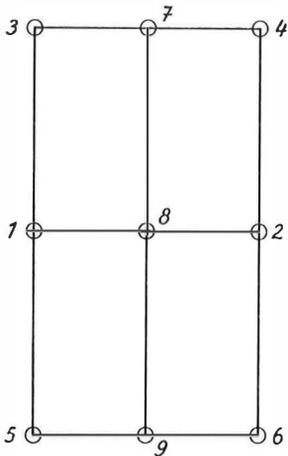
Im Zusammenhang damit taucht natürlich sofort die Frage auf, ob die optisch-mechanische Orientierung auch heute, im Zeitalter der Elektronenrechner, noch immer *die* Lösung ist, wie zu Zeiten O. v. Grubers. Wohl könnte man noch einwenden, daß die Berechnung der Elemente an einer Großanlage nicht im entferntesten deren Leistungsfähigkeit ausschöpfen würde, ja sie sogar unwirtschaftlich blockieren könnte. Aber auch dieser Einwand ist in dem Maß gefallen, in dem

mittlere und Klein-Computer in den letzten Jahren auf den Markt gekommen sind. Und damit scheint dem Verfasser das Problem der numerischen Bestimmung der Orientierungsdaten zu einer fast ausschließlich organisatorischen Frage reduziert worden zu sein!

Wie man bei einer Diskussion der von Schmid in [5] allgemein entwickelten Formeln erkennen kann, treten nicht alle Daten von sämtlichen Schemapunkten in allen Orientierungsgrößen auf. Im  $d\varphi$  z. B. wären bei 5 Profilen die Werte aus dem ersten und letzten Querschnitt 4-fach zu nehmen, während das mittlere Profil überhaupt nicht aufscheint. Die dazwischen liegenden Profilwerte scheinen mit dem Faktor 2 auf. Legt man aber nur 3 Querschnitte, so üben lediglich die beiden äußeren einen Einfluß aus, während der mittlere bedeutungslos ist. Ähnlich verhält es sich bei  $d\kappa$ : der Einfluß eines Profils in der Mitte ist null. Lediglich der Ausdruck für  $d\omega$  enthält sämtliche Profile.

Ähnliche Überlegungen kann man bezüglich der Punktreihen anstellen.

So gesehen ist eine Erhöhung der Anzahl der Schemapunkte im wesentlichen nur für die Bestimmung von  $d\omega$  von Bedeutung. Da die Einstellung bzw. Lesung der by- und z-Werte die meiste Zeit benötigt, wird man, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, am ehesten noch eine Erweiterung auf 9 Punkte, also 3 Profile, in Kauf nehmen können.



Hallert hat in [7] Formeln für die Berechnung der Orientierungsunbekannten bei Verwendung von 9 Schemapunkten abgeleitet. Allerdings nur für ebenes Gelände. In einem Land wie Österreich sind aber auch in jenen Gebieten, die für numerisch-photogrammetrische Arbeiten in Frage kommen, größere Höhenunterschiede zu erwarten. Eine entsprechende Erweiterung der Hallert'schen Formeln ist ohne weiteres möglich. Geht man von der bekannten Parallaxengleichung (für die Zuorientierung des rechten Bildes zum festen linken) beim Folgebildanschluß aus

$$p_y = dby + \frac{y}{z} dbz - z \left( 1 + \frac{y^2}{z^2} \right) d\omega - \frac{(b-x)y}{z} d\varphi + (b-x) d\kappa$$

und fordert, wie üblich, für die Punkte am oberen und unteren Rand dieselben Ordinatenwerte, dann kann man  $|y|/|z| = k$  setzen. Mit  $1 + k^2 = K$  ergibt sich für die Punkte 1, 2 und 8 . . .  $K_1 = K_2 = K_8 = 1$  und für alle übrigen  $K_3 = K_4 = K_5 = K_6 = K_7 = K_9 = K$ . Damit kann man die 9 Verbesserungsgleichungen aufstellen, mit denen man dann über die Normalgleichungen zu den wahrscheinlichsten Werten für die 5 Orientierungsunbekannten kommt. Im Hinblick auf eine später vorzunehmende Programmierung ist es vorteilhaft, in den Ausdrücken für die Unbekannten die einzelnen Glieder so zusammenzufassen, daß möglichst ähnlich gebaute Ausdrücke entstehen. Es ergeben sich (für den Fall Basis innen, Anschluß rechts, gleichgewichtig) die Formeln  $d\omega_2^c = -\frac{Z}{N} \rho^c$  mit

$$\begin{aligned}
Z = & z_1 \left( \frac{[by]}{9} - by_1 \right) + z_2 \left( \frac{[by]}{9} - by_2 \right) + z_3 K \left( \frac{[by]}{9} - by_3 \right) + \dots + \\
& + z_8 \left( \frac{[by]}{9} - by_8 \right) + z_9 K \left( \frac{[by]}{9} - by_9 \right) + \frac{1}{6} (z_1 - z_2 + z_3 K - z_4 K + \\
& + z_5 K - z_6 K) \cdot (by_1 - by_2 + by_3 - by_4 + by_5 - by_6) + \\
& + \frac{1}{4} (z_3 K - z_4 K - z_5 K + z_6 K) \cdot (by_3 - by_4 - by_5 + by_6) + \\
& + \frac{1}{6} (z_3 K + z_4 K - z_5 K - z_6 K + z_7 K - z_9 K) \cdot (by_3 + by_4 - by_5 - by_6 + \\
& + by_7 - by_9)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N = & z_1 \left( \frac{[zK]_l^9}{9} - z_1 \right) + z_2 \left( \frac{[zK]_l^9}{9} - z_2 \right) + z_3 K \left( \frac{[zK]_l^9}{9} - z_3 K \right) + \dots + \\
& + z_8 \left( \frac{[zK]_l^9}{9} - z_8 \right) + z_9 K \left( \frac{[zK]_l^9}{9} - z_9 K \right) + \frac{1}{6} (z_1 - z_2 + z_3 K - z_4 K + \\
& + z_5 K - z_6 K)^2 + \frac{1}{4} (z_3 K - z_4 K - z_5 K + z_6 K)^2 + \frac{1}{6} (z_3 K + z_4 K - \\
& - z_5 K - z_6 K + z_7 K - z_9 K)^2
\end{aligned}$$

$$d\varphi_2^c = \frac{\rho^c}{2bk} (by_3 - by_4 - by_5 + by_6) + \frac{1}{2bk} (z_3 K - z_4 K - z_5 K + z_6 K) \cdot d\omega_2^c$$

$$d\alpha_2^c = \frac{\rho^c}{3b} (by_1 - by_2 + by_3 - by_4 + by_5 - by_6) + \frac{1}{3b} (z_1 - z_2 + z_3 K - z_4 K + z_5 K - z_6 K) d\omega_2^c$$

$$\begin{aligned}
dbz_2 = & \frac{1}{12k} (by_3 - 5by_4 - by_5 + 5by_6 - 2by_7 + 2by_9) + \\
& + \frac{1}{12k} (z_3 K - 5z_4 K - z_5 K + 5z_6 K - 2z_7 K + 2z_9 K) \cdot d\widehat{\omega}_2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
dby_2 = & \frac{1}{18} (-by_1 + 5by_2 - by_3 + 5by_4 - by_5 + 5by_6 + 2by_7 + \\
& + 2by_8 + 2by_9) + \frac{1}{18} (-z_1 + 5z_2 - z_3 K + 5z_4 K - z_5 K + 5z_6 K + \\
& + 2z_7 K + 2z_8 + 2z_9 K) \cdot d\widehat{\omega}_2
\end{aligned}$$

Wie man sieht, sind nicht nur in den letzten 4 Gleichungen die jeweils auftretenden beiden Ausdrücke ähnlich gebaut, sondern auch Zähler und Nenner von  $d\omega$  können nach gleichen Gesetzen gebildet werden. Gelingt es nun, diese Formeln so zu programmieren, daß die Dateneingabe in die Maschine mit der Reihenfolge der Messungen zusammenfällt (beziehungsweise umgekehrt), so kann folgender Arbeitsablauf eingehalten werden. Der Klein-Computer wird auf einem fahrbaren Tischchen in unmittelbare Nähe des Auswertegerätes gebracht. Die benötigten Konstanten sind für den in Frage kommenden Ordinatenwert und runde Basisgrößen schon vorher berechnet worden. Der Auswerter fährt den ersten Punkt an und gibt nach Abschluß der Einstellung dem Rechner die  $by$ -Lesung und das zugehörige  $z$  an. Der Rechner tippt die Daten sofort in die Maschine ein, der Aus-

werter fährt inzwischen den nächsten Punkt an, stellt ein, liest  $by$  und  $z$  ab, der Rechner tippt ein und so fort.

Es hängt jetzt einerseits von der Kapazität der Maschine, andererseits von der Programmierung ab, ob bzw. was und wie oft einzelne Daten im Zuge des Programmablaufes dem Rechner nochmals eingegeben werden müssen.

Bei diesbezüglichen Versuchen im Bundesamt f. E. u. V. in Wien\*) wurde eine Programmierung verwendet, bei der die  $by$ - und  $z$ -Werte der Reihe nach für die Punkte 1, 3, 5, 2, 4, 6, 8, 7, 9 einzugeben und nach einigen Zwischenrechnungen die  $z$  in derselben Reihenfolge zu wiederholen waren. Rund 2<sup>min</sup> nach der Einstellung des letzten Punktes durch den Auswerter lieferte der Computer die errechneten Orientierungsverbesserungen in Klarschrift. Da die Drehungen gleich in  $c$ -Einheiten gegeben wurden, konnten alle Korrekturen sofort am Auswertegerät angebracht und der ganze Arbeitsvorgang wiederholt werden.

*Auf diese Art und Weise vorgenommene Versuche ergaben i. a. folgendes Bild. War die Vororientierung nur minimal, so daß erste Verbesserungen in der Größenordnung von ca. 100° anfielen, dann waren bei relativen Höhenunterschieden im Modell von etwa 5–7% zwei bis drei Durchgänge erforderlich. Betrug die relativen Höhenunterschiede etwa 10%, dann waren schon durchschnittlich 4 Arbeitsgänge vonnöten. Waren aber gar rund 15% Höhenunterschiede im Modell, dann mußte der oben skizzierte Arbeitsvorgang 5 bis 6-mal wiederholt werden!\*\*)*

Wenn also Van der Weele in [8] sagt, daß das Verfahren sehr rasch konvergiert, wenn die Geländeunebenheiten 15% der Flughöhe nicht übersteigen, so kann das nur bestätigt werden unter der Voraussetzung, daß die Vororientierung so weit geführt wird, daß nur noch Drehungen von 1 bis max. 2° anfallen. Denn nur dann ist man auch bei derartigen Höhenunterschieden nach dem 2. Durchgang i. a. am Ziel!

*Im Durchschnitt konnte aus den Versuchen folgendes Schema abgeleitet werden: fordert der 1. Durchgang Korrekturen in der Größe von etwa 100–150°, dann sind aus dem 2. Durchgang noch Drehungen von 10–30° anzubringen. Erst aus der nächsten Wiederholung resultieren Werte in der Größenordnung von Einer-Bogenminuten und ein 4. Schritt gibt dann noch mehrere Zehntel. Bei diesem letzten Durchgang kann man aber auch deutlich sehen, daß einmalige  $by$ -Lesungen an den Schemapunkten keine sicheren Verbesserungen zu rechnen gestatten! (Siehe auch Gotthardt in [9].)*

Die Folgerung, die man aus diesen Versuchen ziehen mußte, war eindeutig. Da jede einzelne Wiederholung des geschilderten Arbeitsganges das neuerliche Lesen von  $by$  (und bei der ersten Wiederholung auch von  $z$ ) erforderlich macht, ist der Gesamtzeitaufwand mindestens gleich der Dauer des einmaligen Lesens der Schemapunkte mal der Anzahl der Wiederholungen. Dieser Aufwand wäre höchstens für das Anfangsmodell bei einer Aerotriangulierung zu rechtfertigen, wo einerseits maximale Genauigkeit erreicht, andererseits aber die letzte Feinheit der

---

\*) mit einer Olivetti vom Typ Programma 101.

\*\*) Es mag von Interesse sein, daß bei einem Versuch irrtümlich mit einem Ordinatenwert 152,7 mm gerechnet wurde, statt mit 100 mm, und die Konvergenz sich erst nach rund dreimal sovielen Durchgängen einstellte, wie zu erwarten gewesen wären.

Subjektivität des Auswerters entzogen werden soll. Bei Einzelmodellbearbeitungen dürfte sich aber *kaum ein Zeitgewinn* erzielen lassen, wenn man auf die beschriebene Weise vorgehen wollte, denn ein geübter Operateur schafft die gegenseitige Orientierung, auch bei Modellen mit größeren Höhenunterschieden, in ungefähr der gleichen Zeit. Erst eine wesentliche Reduktion der Anzahl der Durchgänge könnte u. U. einen spürbaren Zeitgewinn bringen. Das wäre vor allem natürlich dann der Fall, wenn eine Vororientierung (optimal) durchgeführt wird.

Um dies auch dem wenig geübten Auswerter, dem also die Wirkungsweise der einzelnen Drehungen noch nicht in Fleisch und Blut übergegangen ist, leicht zu machen, könnte man folgendermaßen vorgehen. Man verzichtet vom Beginn an bewußt darauf, dem Modell eine möglichst genäherte Soll-Lage zu geben und setzt die Basisausrückung null ( $\Delta by = \Delta bz = 0$ ). In jedem Verfahren ist der wahrscheinlichste Wert für  $d\omega$  ein qualifiziertes Mittel aus jenen  $\omega$ -Drehungen, die sich in den einzelnen Profilen ergeben. Man kann daher für eine erste  $\omega$ -Korrektur jedes beliebige Profil verwenden. Aus den 3 Lesungen von  $by$  und  $z$  in einem solchen (oberer Rand, unterer Rand, Mitte) ergibt sich bekanntlich

$$\Delta \omega^c = - \rho^c \frac{by_o + by_u - 2 by_m}{K(z_o + z_u) - 2 z_m}.$$

Setzt man  $K = 1,59$  dann kann man diese Formel noch einfacher schreiben

$$\Delta \omega^c = - 4000 \frac{by_o + by_u - 2 by_m}{z_o + z_u - 1,25 z_m}$$

wobei  $by$  und  $z$  in Maschinenmillimeter einzusetzen sind.  $K = 1,59$  verlangt, bei einem Weitwinkel mit  $f = 152,7$  mm zum Beispiel, einen Ordinatenabstand von 117 mm. Das ist bei dem zur Diskussion stehenden Format 23 cm  $\times$  23 cm schon etwas außerhalb des Bildes. Da diese Formeln nur einfache, grobe Näherungswerte geben sollen, kann man ohne weiteres auf 110 mm Ordinatenabstand gehen, umso mehr als Schmid in [10] nachgewiesen hat, daß Abweichungen von der streng geforderten Punktlage in der Größe von  $\pm 5\%$  der Basislänge keinen nennenswerten Einfluß ausüben.

Auch für eine erste grobe  $\varphi$ -Korrektur kann man eine ähnlich einfache Formel entwickeln. Verzichtet man auch darauf, den später zu verbessernden Maßstab schon im Zuge der gegenseitigen Orientierung genähert einzudrehen, dann kann man mit einem konstanten Basiswert operieren. Wie Jerie in [11] abgeleitet hat, ist

$$d\widehat{\varphi} = \frac{1}{2 kb} (by_3 - by_5 - by_4 + by_6) + \frac{1}{2 kb} (z_3K - z_5K - z_4K + z_6K) \cdot d\widehat{\omega}.$$

Trachtet man wieder danach, für die Konstanten möglichst runde Werte zu bekommen, dann kann man (natürlich wieder für die schon oben genannten Verhältnisse)

$\Delta \varphi^c = 20 \cdot (by_3 - by_5 - by_4 + by_6) + 0,005 \Delta \omega^c (z_3 - z_5 - z_4 + z_6)$  setzen, wenn man der Modellbasis die Größe 220,7 mm gibt. Da das 2. Glied der letzten Formel gegenüber dem ersten i. a. wesentlich kleiner ist, kann man den Fehler von etwas über 2% vernachlässigen, den man begeht, wenn man den strengen Wert der Konstanten (0,0048) durch den abgerundeten ersetzt. (Ist der Einfluß der  $\omega$ -Drehung, der im 2. Glied zum Ausdruck kommt,  $10^\circ$  zum Beispiel, dann wird in  $\Delta \varphi$  erst  $0,25^\circ$  Fehler durch die Aufrundung gemacht.)

Mit den so festgelegten Größen für die Ordinaten und die Basis lassen sich auch für die anderen Elemente primitive Näherungsformeln rechnen, vor allem noch

$$\Delta bz = -0,7 (by_4 - by_6) - \frac{z_4 - z_6}{6000} \Delta \omega^c.$$

$\Delta x$  wird man aber gar nicht erst rechnen, da man sowieso vor einer Wiederholung der Vororientierung erst auskanten wird.

Bei einer Längsüberdeckung von rund 60% wird die Basis zwischen 90 und 95 mm (im Bild) schwanken. Mit der oben genannten konstanten Modellbasislänge wird man sich daher im  $z$  zwischen 350 und 400 mm bewegen, so daß man auch bei größeren Höhenunterschieden noch im Maschinenbereich (des Wild A7 zum Beispiel) bleibt.

Handelt es sich also um Weitwinkelaufnahmen (23 cm  $\times$  23 cm Cronarfilm etwa), die für numerische Bearbeitungen einzelmodellweise ausgewertet werden sollen und kann man (im Hinblick auf eine rechnerische räumliche Transformation der Maschinenkoordinaten zum Beispiel) auf eine bestimmte absolute Modellage sowie einen genauen Maßstab verzichten, dann kann man für alle Modelle eine vorgegebene konstante Modellbasisgröße verwenden, die schon zu Beginn eingedreht werden kann und mit ihren stets gleich bleibenden Konstanten es auch dem ungeübten Auswerter gestattet, selbst Modelle mit großen Höhenunterschieden gut vorzuorientieren. Jede Genauigkeitssteigerung bei diesen Arbeitsgängen wäre aber sinnlos, da bei kleinen Drehungen die in den Einfachformeln gemachten Vernachlässigungen sich nicht mehr auswirken, andererseits bei großen Drehungen zu bedenken ist, daß die errechneten Werte sich nicht auf die Geräteachsen beziehen, die ja, je nach der vorgenommenen Reihenfolge der Rotationen, aus ihren Nullstellungen verschieden herausgedreht werden! Es müßten daher unbedingt die Einflüsse der Achsstellungen, die Bernhard in [12] berechnet hat, Berücksichtigung finden. Aus dieser Arbeit geht aber auch hervor, daß es vorteilhaft ist, schon zu Beginn jede Basisausrückung zu vermeiden, das heißt  $by = bz = 0$  zu machen und bewußt darauf zu verzichten, dem Modell schon eine genäherte Soll-Lage zu geben. Die Korrekturen hängen dann nur von den Ausgangsneigungen  $\omega$  und  $\varphi$ , sowie von der Größe der Orientierungsverbesserungen ab. Die Berechnung nach einer Programmierung dieser Korrekturen scheint dem Verfasser, im Hinblick auf die beschränkte Kapazität der Tisch-Computer, zu langwierig. Es ist sicher vorteilhafter die Vororientierung, falls erforderlich, zu wiederholen und die Einflüsse der Achsstellungen direkt aus den in [12] enthaltenen Tabellen erst dann zu entnehmen und anzubringen, wenn die nächsten Drehungen kleiner als  $10^\circ$  etwa zu erwarten sind.

Nun wäre es auch günstig das Modell in sich widerspruchsfrei zu machen, das heißt eine Ausgleichung der Beobachtungen vorzunehmen. Schmid hat in [10] die einzige Bedingungsgleichung, die in einem Modell mit 6 Punkten (bei gleichen Ordinaten im Bild) vorliegt, in ihrer allgemeinsten Form, also unter Berücksichtigung der unterschiedlichen  $z$ , abgeleitet. Erst wenn in dieser Gleichung  $z_1 = z_2 = \dots = z$  wird, dann geht sie in die bekannte Formel für ebenes Gelände über:  $(2 p_1 - p_3 - p_5) - (2 p_2 - p_4 - p_6) = 0$ . Dies erscheint dem Verfasser wesentlich, denn bei großen Höhenunterschieden im Modell würde man mit der Einführung

einer vereinfachten Bedingungsgleichung Vernachlässigungen begehen, die nicht leicht abschätzbar sind. Im Anschluß daran reduziert Schmid die nun ausgeglichenen, aber in verschiedenen  $z$ -Niveaus gemessenen Parallaxen alle in den  $z_1$ -Bereich. Mit den so erhaltenen ausgeglichenen Ebenenparallaxen kann man für die 5 Orientierungsunbekannten (ohne weitere Ausgleichung) die wahrscheinlichsten Werte rechnen, indem man nur in die Gleichungen für die Ebene eingeht.

Leider erfordern die Berechnungen von Schmid viele, unterschiedliche Rechenoperationen, so daß die Wahrscheinlichkeit, sie für einen Tisch-Computer gut brauchbar programmieren zu können, sehr gering ist.

Eine andere Möglichkeit die „Hauptphase“ durch Zuhilfenahme eines Klein-Computers einfacher zu gestalten, wäre die, in den klassischen 6 Schemapunkten  $by$  und  $z$  zu lesen und nach den Formeln von Jerie z. B. die Orientierungselemente als wahrscheinlichste Werte einer Ausgleichung zu erhalten. Man könnte auch nach Kasper zuerst das  $d\omega$  ermitteln, sodann dessen Einfluß auf die einzelnen Parallaxen rechnen und mit diesen sogenannten Hilfsparallaxen in die ebenen Formeln eingehen. Welche Art man für die Praxis vorschlagen können, wird davon abhängen, wieviele Eingaben mit wieviel Programmkarten in welcher Zeit erforderlich sind.

Das Ideal der rechnerischen Orientierung wäre wohl das, ohne Vororientierung, mit  $by$ - und  $z$ -Lesungen in einer bestimmten Anzahl von Punkten in einem einzigen Durchgang das Auslangen zu finden. Die Berechnung der Orientierungselemente müßte unter Bedachtnahme auf die Bedingungsgleichung und die Glieder höherer (zumindest zweiter) Ordnung erfolgen und zum Schluß noch die Korrekturen wegen der Achsstellungen angeben: ein Programm, dem ein Tisch-Computer nicht mehr gewachsen ist.

Wenn man in Zukunft u. U. jedes Modell in *der* zufälligen Raumlage numerisch auswerten wird, mit der es aus der gegenseitigen Orientierung hervorgeht, wird man vielleicht dieser Arbeitsphase noch mehr Aufmerksamkeit schenken als bisher.

#### Zusammenfassung

Will man großformatige Filmweitwinkelaufnahmen für numerische Auswertungen gegenseitig *objektiv* und *optimal* orientieren, dann ist es mit Hilfe eines Tisch-Computers ohne weiteres möglich, die Konvergenz des Verfahrens an Hand einer mehr oder weniger großen Zahl von Wiederholungen zu verfolgen. Dabei kann man als Richtschnur annehmen, daß die Korrekturdrehungen pro Durchgang um eine Zehner-Potenz kleiner werden.

Ein solcher Einsatz könnte vielleicht sogar wirtschaftlich werden, wenn durch eine Vororientierung als 1. Phase die Parallaxen unter  $\sim 0,5$  mm reduziert worden sind. Eine 2. Phase würde sich dann am besten auf die 6 Gruber'schen Punkte erstrecken. Aus den  $by$ - und  $z$ -Lesungen könnten über verhältnismäßig leicht zu programmierende Formeln (von Jerie oder Kasper etwa) die Unbekannten bestimmt und am Auswertegerät angebracht werden. In einer 3. Phase sollte man schließlich das Modell an möglichst vielen Stellen beurteilen und daher auf mindestens 9 Punkte in Form von 3 Profilen übergehen. Ihre Daten könnten einer Programmierung eingegeben werden, die auf dem Hallert'schen Schema für 9 Punkte beruht, aber für gebirgisches Gelände erweitert wurde. Die aus Mehrfachmessungen resultierenden letzten Feinkorrekturen würden ein Höchstmaß an Objektivität bringen.

Es wäre sicher interessant diese Möglichkeiten der gegenseitigen Orientierung im Dauerbetrieb zu prüfen. Könnte bei routinierter Handhabung der 3 Phasen vor allem dann mit einer,

wenn auch nicht überwältigenden Zeiteinsparung gegenüber dem empirischen Verfahren gerechnet werden, wenn große Höhenunterschiede im Modell auftreten? Ein unbestreitbarer Gewinn würde darin bestehen, die Erfassung der letzten Feinheiten der Subjektivität des Auswerters entziehen zu können.

#### Literaturverzeichnis

- [1] *Stickler* und *Waldhäusl*: Interpretation der vorläufigen Ergebnisse der Versuche der Kommission C . . . ÖZfV, OEEPE-Sonderveröffentlichung Nr. 3, 1967.
- [2] *Kasper*: Ein numerisches Verfahren des Folgebildanschlusses für gebirgiges Gelände, SZfV u. K., 1950.
- [3] *Meeus* und *Thiriar* (Photo Gevaert): Kontrolle der Planheit der phot. Platten . . . Photogrammetria, 1958.
- [4] *Kovarik*: Erfahrungen mit Cronarfilm bei einer großmaßstäblichen, numerischen Punktbestimmung, ÖZfV, 1967.
- [5] *Schmid*: Fehlertheorie der gegenseitigen Orientierung von Luftbildern unter Zugrundelegung eines Orientierungspunktgitters, Öst. Akademie der Wiss., math. naturw. Klasse, 159. Bd., 1950.
- [6] *Kasper*: Am Wild-Autographen ausgeführte Versuche im Hinblick auf die Genauigkeit und die Wirtschaftlichkeit einiger neuer gegenseitiger Orientierungsvorgänge . . . , Bulletin de la Société Belge de Photogrammétrie, 1949.
- [7] *Hallert*: Contribution to Theory of Errors for Double Point Intersection in Space, Transactions of the Royal Institute of Technology, Stockholm Nr. 35, 1950.
- [8] *Van der Weele*: Die numerische gegenseitige Orientierung auf die Aerotriangulation angewendet, Bulletin de la Société Belge de Photogrammétrie, 1951.
- [9] *Gotthardt*: Zur Genauigkeit der rechnerischen und der optisch-mechanischen gegenseitigen Orientierung, AVN, 1953.
- [10] *Schmid*: Die funktionellen Zusammenhänge von  $\gamma$ -Parallaxengröße und Beobachtungsort in einem Stereomodell, . . . ÖZfV, 1954.
- [11] *Jerie*: Beitrag zum numerischen Orientierungsverfahren für gebirgiges Gelände, Photogrammetria, 1953/54.
- [12] *Bernhard*: Über den Einfluß der Achsstellungen des Auswertegerätes auf die gegenseitige Orientierung von Luftaufnahmen, Photogrammetria, 1953/54.

## Über räumliche Transformationen

von *Peter Leeb*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

### 1. Einleitung

Die absolute Orientierung eines Modelles auf Grund gegebener Paßpunkte wird bekanntlich durch Verschiebung und räumliche Drehstreckung eines bereits gegenseitig orientierten Modelles erreicht. An den Analoggeräten wird die Verschiebung des Modelles i. a. mit Hilfe der Koordinatenzählwerke durchgeführt. Die Streckung und Drehung geschieht durch entsprechende Änderung der Basis-komponenten bzw. durch gemeinsame Kammerbewegungen.

In der Praxis bedient man sich dazu, falls nicht überhaupt empirisch gearbeitet wird, einiger einfacher Näherungsformeln. Durch schrittweise Anwendung dieser Formeln kommt man zu befriedigenden Ergebnissen.

Verfahren, die diese Daten in einem einzigen, strengen Rechengang geliefert hätten, wurden wegen ihres großen Rechenaufwandes bis jetzt nicht verwendet. Man hätte nämlich nicht nur eine räumliche Drehstreckung zu rechnen, sondern man müßte auch alle jene Einflüsse berücksichtigen, die sich aus den Achsstellungen der Analoggeräte ergeben (vergl. hierzu [1] und [2]). Es braucht nicht besonders erwähnt zu werden, daß die Durchführung dieser Rechnungen mit Hilfe gewöhnlicher Rechenmaschinen weniger wirtschaftlich ist, als die iterative Anwendung der oben erwähnten Näherungsformeln.

Hier aber hat die in jüngster Zeit erfolgte Entwicklung der sog. Kleincomputer neue Möglichkeiten geschaffen. Der Gedanke liegt nahe, den erwähnten umfangreichen Rechenablauf an einem solchen Kleincomputer durchführen zu lassen und auf diese Weise eine wesentliche Beschleunigung des Orientierungsvorganges zu erreichen.

## 2. Aufgabenstellung

Aus dem Gebiet der analytischen Photogrammetrie sind für die räumliche Drehstreckung bereits eine Anzahl von Verfahren angegeben worden (siehe u. a. [3] und [4]). Es gibt exakte Lösungen und auch Näherungsverfahren, die durch eine Ausgleichung ergänzt werden. Im folgenden soll nun eine neue Lösung gezeigt werden, die der bei Kleincomputern doch begrenzten Kapazität weitgehend Rechnung tragen dürfte. Die hier gezeigte Lösung ist allerdings keine „räumliche Drehstreckung“, sondern eine „räumliche Affintransformation“. Darauf wird später noch eingegangen werden. Vorerst soll nun ein Verfahren gezeigt werden, das 3 Vollpaßpunkte als gegeben voraussetzt (Abschnitt 3). Weiters wird dann ein Verfahren behandelt, welches die Angaben von beliebig vielen Paßpunkten pro Modell berücksichtigt (Abschnitt 4). Die Ergebnisse solcher Affintransformationen sind dann die Grundlage für die Berechnung der Drehungen an den Auswertegeräten (Abschnitt 5).

### 3. Die räumliche Affintransformation mit 3 Vollpaßpunkten

Die Aufgabe besteht darin, die Transformationselemente zu berechnen, die die Punkte des einen Systems M (Maschinensystem) in die entsprechenden Punkte des Systems S (Sollsystem) transformieren.

Die räumliche Drehstreckung ist durch folgende Gleichung bestimmt:

$$\mathfrak{x}^S = \mathfrak{x}_0^S + \mu \mathfrak{A} (\mathfrak{x}^M - \mathfrak{x}_0^M) \quad \dots (1)$$

In Koordinaten folgt aus (1) das System:

$$\begin{aligned} X^S &= X_0^S + \mu \{ (X^M - X_0^M) A_{11} + (Y^M - Y_0^M) A_{12} + (Z^M - Z_0^M) A_{13} \}, \\ Y^S &= Y_0^S + \mu \{ (X^M - X_0^M) A_{21} + (Y^M - Y_0^M) A_{22} + (Z^M - Z_0^M) A_{23} \}, \\ Z^S &= Z_0^S + \mu \{ (X^M - X_0^M) A_{31} + (Y^M - Y_0^M) A_{32} + (Z^M - Z_0^M) A_{33} \}. \quad \dots (1a) \end{aligned}$$

Die Werte  $A_{11}, A_{12}, A_{13} \dots A_{33}$  sind dabei die Koeffizienten der für die Drehung maßgeblichen Drehmatrix.

Bei Kenntnis von 3 einander entsprechenden Punktepaaren drängt sich förmlich die Lösungsmöglichkeit auf, durch Einsetzen in diese Gleichungen unter Her-

anziehung eines vierten Punktes (etwa des Schwerpunktes) die Transformationselemente zu bestimmen. Man bekäme die Werte  $\mu A_{11}, \mu A_{12}, \dots, \mu A_{33}$ , und könnte durch die Orthogonalitätsbedingung:

$$\sum_{j=1}^3 A_{ij} \cdot Ax_j = \begin{cases} 0 & \text{für } i \neq x \\ 1 & \text{für } i = x \end{cases} \quad i, x = 1, 2, 3 \quad \dots (2)$$

den Maßstabsfaktor  $\mu$  bestimmen.

Allerdings führt dieses Verfahren in dieser Form nicht zum Ziel und der Grund dafür ist folgender:

Geometrisch gesehen bedeutet eine Gleichung mit 3 Unbekannten eine Ebene im Raum. Die drei Gleichungen mit drei Unbekannten können nun als drei Ebenen gedeutet werden, die eine bestimmte Stellung im Raum haben. Der Schnittpunkt dieser 3 Ebenen ist dann die gesuchte Lösung des Gleichungssystems.

Die Genauigkeit dieser Lösung hängt nun von der Stellung der Ebenen zueinander ab. Zwei Ebenen, die sich schleifend schneiden, liefern keine genau definierte Schnittgerade. Ebenso hängt auch die Genauigkeit des Durchstoßpunktes dieser Schnittgeraden mit der 3. Ebene von dem Winkel ab, unter dem die Gerade die Ebene durchstößt. Dabei muß man vor allem bedenken, daß die Koeffizienten dieser Ebenen (Gleichungen) gemessene Größen, also keine fehlerfreien Werte sind. Der Idealfall wäre natürlich 3 zueinander orthogonale Ebenen. Die Koeffizienten  $X - X_0$ ,  $Y - Y_0$  und  $Z - Z_0$  selbst sind die Komponenten von Vektoren, die auf die jeweiligen Ebenen normal stehen. Ihre Stellung zueinander ist ganz selbstverständlich ebenso kennzeichnend für die Genauigkeit der Lösung des Gleichungssystems. Der Idealfall wäre wieder 3 aufeinander senkrecht stehende Vektoren.

In dem Fall aber, daß die 3 Paßpunkte mit ihrem Schwerpunkt zur Bestimmung der Gleichungssysteme (1a) herangezogen werden, liegen die Vektoren in einer Ebene. 3 Vektoren in einer Ebene sind aber voneinander linear abhängig. Das heißt, von den drei Gleichungen sagt die dritte Gleichung nichts anderes aus als die anderen zwei. Geometrisch kann man dies so deuten, daß die dritte Ebene durch die Schnittgerade der beiden anderen Ebenen hindurchgeht. Liegen die Punkte des Modelles in der in Abb. 1 angedeuteten Lage, so stehen die Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,1}$  und  $\mathfrak{x}_{0,2}$  ungefähr aufeinander senkrecht ( $\mathfrak{x}_{0,1} = \mathfrak{x}_1 - \mathfrak{x}_0$ ,  $\mathfrak{x}_{0,2} = \mathfrak{x}_2 - \mathfrak{x}_0$ ). Alle weiteren Vektoren, die aus Kombinationen von  $\mathfrak{x}_{0,1}$  und  $\mathfrak{x}_{0,2}$  in der Ebene gebildet werden, können nichts Neues bringen. Auch ein etwaiger vierter Vollpaßpunkt ( $P_3$ ) wird daran i. a. nicht viel ändern, da Höhenunterschiede in Gebieten, die für die numerische Photogrammetrie in Frage kommen, meist gering im Vergleich zu den Streckenlängen sind. Der Vektor  $\mathfrak{x}_{0,3}$  geht dann nur um wenig aus der durch  $\mathfrak{x}_{0,1}$  und  $\mathfrak{x}_{0,2}$  aufgespannten Ebene heraus. Die Schnitte sind demnach schleifend und das Ergebnis wird nicht befriedigen.

Der vierte homologe Punkt muß sich also außerhalb der Ebene  $\mathfrak{x}_{0,1}$ ,  $\mathfrak{x}_{0,2}$  befinden und der Verbindungsvektor von  $P_0$  zu diesem sollte möglichst senkrecht auf  $\mathfrak{x}_{0,1}$  und  $\mathfrak{x}_{0,2}$  stehen. Hier bietet das „Äußere Produkt“ die besten Möglichkeiten. Durch die Rechnung  $\mathfrak{x}_{0,1}^M \times \mathfrak{x}_{0,2}^M$  und  $\mathfrak{x}_{0,1}^S \times \mathfrak{x}_{0,2}^S$  in beiden Systemen erhält man die einander entsprechenden Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,Tv}^M$  und  $\mathfrak{x}_{0,Tv}^S$  (Abb. 2). Beide Vektoren stehen in ihren Systemen sowohl auf  $\mathfrak{x}_{0,1}$  als auch auf  $\mathfrak{x}_{0,2}$  normal.

Zur Vereinfachung der Schreibweise sollen nun die Komponenten der Vektoren in beiden Systemen mit  $x$ ,  $y$  und  $z$  bezeichnet werden. Es gilt also:  $x = X - Y_0$ ,  $y = Y - Y_0$  und  $z = Z - Z_0$ . Die Formeln für das „Äußere Produkt“ lauten dann in Koordinatenform wie folgt:

$$\begin{aligned} x^{M_{T_v}} &= y^{M_1} z^{M_2} - y^{M_2} z^{M_1}, & x^{S_{T_v}} &= y^{S_1} z^{S_2} - y^{S_2} z^{S_1}, \\ y^{M_{T_v}} &= x^{M_2} z^{M_1} - x^{M_1} z^{M_2}, & y^{S_{T_v}} &= x^{S_2} z^{S_1} - x^{S_1} z^{S_2}, \\ z^{M_{T_v}} &= x^{M_1} y^{M_2} - x^{M_2} y^{M_1}, & z^{S_{T_v}} &= x^{S_1} y^{S_2} - x^{S_2} y^{S_1}. \end{aligned} \quad \dots (3)$$

Die Länge dieser Vektoren ist bekanntlich gleich der Fläche der Parallelogramme, die durch die Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,1}^M$  und  $\mathfrak{x}_{0,2}^M$  bzw.  $\mathfrak{x}_{0,1}^S$  und  $\mathfrak{x}_{0,2}^S$  aufgespannt werden. Der Maßstabsfaktor, um den sich entsprechende Größen in beiden Systemen unterscheiden, soll vorläufig mit  $\mu$  bezeichnet werden. Es ist demnach:

$$|\mathfrak{x}_{0,1}^S| = \mu / |\mathfrak{x}_{0,1}^M| \quad \text{und} \quad |\mathfrak{x}_{0,2}^S| = \mu / |\mathfrak{x}_{0,2}^M|.$$

Daraus ergibt sich aber, daß  $|\mathfrak{x}_{0,T_v}^S| = \mu^2 / |\mathfrak{x}_{0,T_v}^M|$  sein muß.

Die Punkte  $P_{T_v}^M$  und  $P_{T_v}^S$  sind also keine homologen Punkte, da der Quotient  $\frac{|\mathfrak{x}_{0,T_v}^S|}{|\mathfrak{x}_{0,T_v}^M|}$  nicht  $\mu$  sondern  $\mu^2$  ist. Dividiert man nun die Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,T_v}^M$  und  $\mathfrak{x}_{0,T_v}^S$  jeweils durch die Wurzel ihres Betrages, so entstehen Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,T}^M$  und  $\mathfrak{x}_{0,T}^S$ , die den Betrag  $|\mathfrak{x}_{0,T}| = \sqrt{|\mathfrak{x}_{0,T_v}|}$  haben. Hier ist dann der Quotient  $\frac{|\mathfrak{x}_{0,T}^S|}{|\mathfrak{x}_{0,T}^M|}$  gleich  $\mu$ .

Die durch die Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,T}^M$  bzw.  $\mathfrak{x}_{0,T}^S$  definierten Punkte  $P_T^M$  und  $P_T^S$  sind dann homologe Punkte (Abb. 2).

Einfacher noch geht es, wenn man  $\mathfrak{x}_{0,T_v}^M$  bzw.  $\mathfrak{x}_{0,T_v}^S$  durch  $|\mathfrak{x}_{0,1}^M|$  bzw.  $|\mathfrak{x}_{0,1}^S|$  dividiert. So reduziert man die Dimension einer Fläche ebenfalls zu der einer Seite und der Quotient der nun entstandenen Vektoren  $\frac{|\mathfrak{x}_{0,T}^S|}{|\mathfrak{x}_{0,T}^M|}$  ist wieder  $\mu$ .

Diese Art der Reduktion ist nicht nur einfacher, sondern auch genauer als die vorhin erwähnte, was später noch gezeigt werden soll. Sie wird darum auch formelmäßig angewendet und ebenso in den in der Beilage gezeigten Rechenbeispielen verwendet.

Die Komponenten von  $\mathfrak{x}_{0,T}^M$  bzw.  $\mathfrak{x}_{0,T}^S$  erhält man nun wie folgt:

$$\begin{aligned} x_T^M &= \frac{x_{T_v}^M}{\sqrt{x_1^{M2} + y_1^{M2} + z_1^{M2}}}, & x_T^S &= \frac{x_{T_v}^S}{\sqrt{x_1^{S2} + y_1^{S2} + z_1^{S2}}}, \\ y_T^M &= \frac{y_{T_v}^M}{\sqrt{x_1^{M2} + y_1^{M2} + z_1^{M2}}}, & y_T^S &= \frac{y_{T_v}^S}{\sqrt{x_1^{S2} + y_1^{S2} + z_1^{S2}}}, \\ z_T^M &= \frac{z_{T_v}^M}{\sqrt{x_1^{M2} + y_1^{M2} + z_1^{M2}}}, & z_T^S &= \frac{z_{T_v}^S}{\sqrt{x_1^{S2} + y_1^{S2} + z_1^{S2}}}. \end{aligned} \quad \dots (3a)$$

Nun kann man mit den so erhaltenen Werten in das Gleichungssystem (1a) eingehen und man erhält 3 Gleichungssysteme von je drei Gleichungen mit drei Unbekannten. Führt man noch zur Vereinfachung das Symbol  $\overline{A}_{ik} = \mu A_{ik}$  ein, so lauten die Gleichungssysteme:

$$\begin{aligned}
x_1^M \overline{A_{11}} + y_1^M \overline{A_{12}} + z_1^M \overline{A_{13}} &= x_1^S, \\
x_2^M \overline{A_{11}} + y_2^M \overline{A_{12}} + z_2^M \overline{A_{13}} &= x_2^S, \\
x_T^M \overline{A_{11}} + y_T^M \overline{A_{12}} + z_T^M \overline{A_{13}} &= x_T^S, \\
x_1^M \overline{A_{21}} + y_1^M \overline{A_{22}} + z_1^M \overline{A_{23}} &= y_1^S, \\
x_2^M \overline{A_{21}} + y_2^M \overline{A_{22}} + z_2^M \overline{A_{23}} &= y_2^S, \\
x_T^M \overline{A_{21}} + y_T^M \overline{A_{22}} + z_T^M \overline{A_{23}} &= y_T^S, \\
x_1^M \overline{A_{31}} + y_1^M \overline{A_{32}} + z_1^M \overline{A_{33}} &= z_1^S, \\
x_2^M \overline{A_{31}} + y_2^M \overline{A_{32}} + z_2^M \overline{A_{33}} &= z_2^S, \\
x_T^M \overline{A_{31}} + y_T^M \overline{A_{32}} + z_T^M \overline{A_{33}} &= z_T^S. \quad \dots (4)
\end{aligned}$$

Durch Auflösung dieser Gleichungssysteme erhält man die Werte  $\overline{A_{11}}$ ,  $\overline{A_{12}}$ ,  $\overline{A_{13}}$ ,  $\overline{A_{21}}$  ...  $\overline{A_{33}}$ .

Diese Werte  $\overline{A_{ik}}$  sind bereits die Transformationselemente, mit denen man Punkte von dem einen System in das andere transformieren kann. Die Formeln lauten dazu:

$$\mathfrak{x}_N^S = \mathfrak{x}_0^S + \overline{\mathfrak{A}} (\mathfrak{x}_N^M - \mathfrak{x}_0^M). \quad \dots (5)$$

In Koordinatenform ergibt dies:

$$\begin{aligned}
X_N^S &= X_0^S + \overline{A_{11}}(X_N^M - X_0^M) + \overline{A_{12}}(Y_N^M - Y_0^M) + \overline{A_{13}}(Z_N^M - Z_0^M), \\
Y_N^S &= Y_0^S + \overline{A_{21}}(X_N^M - X_0^M) + \overline{A_{22}}(Y_N^M - Y_0^M) + \overline{A_{23}}(Z_N^M - Z_0^M), \\
Z_N^S &= Z_0^S + \overline{A_{31}}(X_N^M - X_0^M) + \overline{A_{32}}(Y_N^M - Y_0^M) + \overline{A_{33}}(Z_N^M - Z_0^M). \quad \dots (5a)
\end{aligned}$$

Der Maßstabsfaktor rechnet sich aus:

$$\mu_i = \sqrt{(\overline{A_{i1}})^2 + (\overline{A_{i2}})^2 + (\overline{A_{i3}})^2} \quad \text{für } i = 1, 2, 3. \quad \dots (6)$$

Hier fällt auf, daß der Maßstabsfaktor in den einzelnen Koordinatenrichtungen nicht genau gleich groß ist. Man erhält drei verschiedene Maßstabsfaktoren  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ , die in der zweifachen Überbestimmung der Aufgabe begründet sind. Durch diese verschiedenen Maßstabsfaktoren wird eine ideale Anpassung des Modelles an die Paßpunkte erreicht. Deshalb ist das vorliegende Verfahren nicht eine „räumliche Drehstreckung“, sondern eine „räumliche Affintransformation“.

Hier soll noch eine kurze Überlegung über die drei verschiedenen Maßstäbe gebracht werden:

Auch in der numerischen Photogrammetrie wird in der letzten Zeit fast ausschließlich Cronarfilm als Aufnahmematerial verwendet. Dieser Film schrumpft während des Entwicklungsvorganges in den Koordinatenrichtungen  $x$  und  $y$  in einem jeweils verschiedenen Maßstab. Diese Verschiedenheit der Maßstäbe wird durch die unterschiedlichen Maßstabsfaktoren  $\mu_1$  und  $\mu_2$  in der  $x$  bzw.  $y$ -Richtung berücksichtigt. Nicht ganz so selbstverständlich ist dies in der dritten Dimension, in der  $z$ -Richtung. Der Maßstab  $\mu_3$  wird zum überwiegend großen Teil durch das Verhältnis  $\frac{|\mathfrak{x}_{0,T}^S|}{|\mathfrak{x}_{0,T}^M|}$  bestimmt. Diese Punkte sind aber „theoretische Punkte“; ihre jeweilige Entfernung von der  $\mathfrak{x}_{0,1}$ ,  $\mathfrak{x}_{0,2}$  Ebene ist durch die Verjüngung des Flächeninhaltes des von den beiden Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,1}$  u.  $\mathfrak{x}_{0,2}$  aufgespannten Parallelogrammes entstanden. Da man nun, wie schon vorher gezeigt wurde, verschiedene Möglich-

keiten der Verjüngung hat, ist der Maßstab  $\mu_3$  vorerst nicht genau definiert. Eine kleine Überlegung bringt aber sofort Klarheit:

Die Höhen in einem photogrammetrischen Modell sind Funktionen der  $x$ -Parallaxen. Die  $y$ -Werte spielen dabei keine Rolle. Es muß daher getrachtet werden, den Maßstab in der  $z$ -Richtung gleich dem der  $x$ -Richtung zu machen.  $\mu_3$  soll gleich  $\mu_1$  werden. Der Betrag  $|\mathfrak{x}_{0,T^S}|$  ist aber gleich  $\mu_1 \mu_2 / |\mathfrak{x}_{0,T^M}|$ . Dividiert man nun die beiden Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,T^S}$  und  $\mathfrak{x}_{0,T^M}$  in beiden Systemen durch Streckenlängen, deren Maßstabsfaktor gleich  $\mu_2$  ist, so erhält man Vektoren, für deren Absolutwerte gilt:  $\frac{|\mathfrak{x}_{0,T^S}|}{|\mathfrak{x}_{0,T^M}|} = \mu_1$ . Die Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,1^S}$  und  $\mathfrak{x}_{0,1^M}$  liegen aber in der  $y$ -Richtung und ihr Maßstabsfaktor ist folglich gleich  $\mu_2$ . Durch die Division  $\frac{|\mathfrak{x}_{0,T^S}|}{|\mathfrak{x}_{0,1^S}|}$  bzw.  $\frac{\mathfrak{x}_{0,T^M}}{|\mathfrak{x}_{0,1^M}|}$  wird also erreicht, daß der Maßstabsfaktor der nun entstandenen Vektoren  $\mathfrak{x}_{0,T^S}$  und  $\mathfrak{x}_{0,T^M}$  gleich  $\mu_1$  wird. Damit ist praktisch der Forderung, daß  $\mu_3$  gleich  $\mu_1$  werden soll, mit großer Genauigkeit erfüllt. Kleine Abweichungen erklären sich daraus, daß die Richtung von  $\mathfrak{x}_{0,T}$  in beiden Systemen nicht genau mit der  $z$ -Richtung zusammenfällt.

#### 4. Die räumliche Affintransformation mit „ $n$ “ Vollpaßpunkten

Aufbauend auf die vorhin gezeigte Lösung soll nun das Verfahren insoweit erweitert werden, als alle Angaben einer beliebigen Anzahl von Paßpunkten durch ein exaktes Ausgleichsverfahren berücksichtigt werden.

Wie in Abschnitt 3 wird von der Transformationsformel

$$\mathfrak{x}^S = \mathfrak{x}_S + \mu \mathfrak{l}(\mathfrak{x}^M - \mathfrak{x}_S^M) \quad \dots (1)$$

ausgegangen.

Auch hier ist wieder die Notwendigkeit gegeben, einen „theoretischen Punkt“ zu finden. Dieser Punkt muß so liegen, daß seine Verbindungsvektoren zu den einzelnen Paßpunkten sich untereinander in möglichst günstigen Winkeln schneiden. Die günstigste Lage ist in Abb. 3 bereits angedeutet. Von den vorhandenen Paßpunkten wird zunächst der Schwerpunkt gebildet. Dann werden die Verbindungsvektoren  $\mathfrak{x}_{S,1}$  und  $\mathfrak{x}_{S,2}$  durch  $\mathfrak{x}_1 - \mathfrak{x}_S$  bzw.  $\mathfrak{x}_2 - \mathfrak{x}_S$  berechnet. Hier ist die in Abb. 3 angedeutete Lage vorausgesetzt; wichtig daran ist, daß  $\mathfrak{x}_{S,1}$  und  $\mathfrak{x}_{S,2}$  einen günstigen Winkel einschließen und daß  $\mathfrak{x}_2 - \mathfrak{x}_1$  möglichst in der  $y$ -Richtung liegt. Das „Äußere Produkt“ dieser Verbindungsvektoren  $\mathfrak{x}_{S,1}$  und  $\mathfrak{x}_{S,2}$  liefert den „vorläufigen theoretischen Punkt“  $P_{T^v}$ . Die Entfernung dieses Punktes von dem Schwerpunkt  $S$  muß nun ganz entsprechend den Überlegungen in Abschnitt 3 verjüngt werden. Die Dimension einer Fläche muß wieder durch eine Strecke dividiert werden, die möglichst in der  $y$ -Richtung liegen soll. Eine solche Strecke ist wieder  $|\mathfrak{x}_2 - \mathfrak{x}_1|$ . Durch die Berechnung von  $\frac{\mathfrak{x}_{T^v} - \mathfrak{x}_S}{|\mathfrak{x}_2 - \mathfrak{x}_1|}$  wird die Entfernung  $\overline{SP_{T^v}}$  zwar so verjüngt, daß die so erhaltenen Punkte homologe Punkte wären, allerdings wäre der Abstand zu  $S$  zu gering. Die Schnittwinkel der Verbindungsvektoren zu den einzelnen Paßpunkten wären nicht sehr günstig. Diese Strecke muß daher um

einen bestimmten Faktor vergrößert werden. Grenzwertuntersuchungen ergaben, daß die Strecke  $\overline{SP_T}$  ungefähr gleich der halben Strecke  $|\overline{x_2} - \overline{x_1}|$  sein soll. Der Faktor um den nun die ursprüngliche Strecke vergrößert werden muß, ergibt sich demnach aus  $\eta = \frac{|\overline{x_2} - \overline{x_1}|^2}{2|\overline{x_{S,Tv}}|}$ . Der Wert  $\eta$  braucht natürlich nur genähert bestimmt zu werden; wichtig ist nur, daß in beiden Systemen der gleiche Wert verwendet wird.

Die Berechnung von  $P_v$  geschieht folglich in beiden Systemen durch

$$\overline{x_T} = \frac{\overline{x_{S,Tv}}}{|\overline{x_2} - \overline{x_1}|} \cdot \eta + \overline{x_S}$$

Nun können die Verbindungsvektoren von  $P_T$  zu den einzelnen Paßpunkten gebildet werden. Jeder Vektor bedeutet nun eine Gleichung mit drei Unbekannten und bei  $n$  Paßpunkten erhält man je 3 Gleichungssysteme von  $n$  Gleichungen mit drei Unbekannten. Führt man wie im vorigen Abschnitt zur Vereinfachung der Schreibweise die Beziehungen  $x = X - X_T, y = Y - Y_T, z = Z - Z_T$  in beiden Systemen ein, so erhält man die folgenden Gleichungssysteme:

$$\begin{aligned} x_1^M \overline{A_{11}} + y_1^M \overline{A_{12}} + z_1^M \overline{A_{13}} &= x_1^S, \\ x_2^M \overline{A_{11}} + y_2^M \overline{A_{12}} + z_2^M \overline{A_{13}} &= x_2^S, \\ \text{---} & \\ \text{---} & \\ x_n^M \overline{A_{11}} + y_n^M \overline{A_{12}} + z_n^M \overline{A_{13}} &= x_n^S, \\ \\ x_1^M \overline{A_{21}} + y_1^M \overline{A_{22}} + z_1^M \overline{A_{23}} &= y_1^S, \\ x_2^M \overline{A_{21}} + y_2^M \overline{A_{22}} + z_2^M \overline{A_{23}} &= y_2^S, \\ \text{---} & \\ \text{---} & \\ x_n^M \overline{A_{21}} + y_n^M \overline{A_{22}} + z_n^M \overline{A_{23}} &= y_n^S, \\ \\ x_1^M \overline{A_{31}} + y_1^M \overline{A_{23}} + z_1^M \overline{A_{33}} &= z_1^S, \\ x_2^M \overline{A_{31}} + y_2^M \overline{A_{23}} + z_2^M \overline{A_{33}} &= z_2^S, \\ \text{---} & \\ \text{---} & \\ x_n^M \overline{A_{31}} + y_n^M \overline{A_{23}} + z_n^M \overline{A_{33}} &= z_n^S. \end{aligned} \dots (7)$$

Jedem Paßpunkt entspricht in jedem der drei Gleichungssysteme eine Gleichung. Da mehr als drei Paßpunkte vorhanden sind, handelt es sich um eine Überbestimmung. Da nun die Koordinaten sowohl im Maschinensystem als auch im Sollsystem keine fehlerfreien Werte sind, werden Widersprüche auftreten bzw. Verbesserungen notwendig sein. Die Gleichungssysteme (7) können daher in der Form von Verbesserungsgleichungen angeschrieben werden:

$$\begin{aligned} v_{11} &= x_1^M \overline{A_{11}} + y_1^M \overline{A_{12}} + z_1^M \overline{A_{13}} - x_1^S \\ \text{---} & \\ \text{---} & \end{aligned}$$

u. s. f.

Aus der Forderung, daß die Quadratsumme der Verbesserungen ein Minimum werden soll, ergeben sich die 3 Systeme von Normalgleichungen:

$$\begin{aligned}
 \overline{[x^M x^M] A_{11}} + \overline{[x^M y^M] A_{12}} + \overline{[x^M z^M] A_{13}} &= \overline{[x^M x^S]} \\
 \overline{[y^M y^M] A_{12}} + \overline{[y^M z^M] A_{13}} &= \overline{[y^M x^S]} \\
 \overline{[z^M z^M] A_{13}} &= \overline{[z^M x^S]} \\
 \\
 \overline{[x^M x^M] A_{21}} + \overline{[x^M y^M] A_{22}} + \overline{[x^M z^M] A_{23}} &= \overline{[x^M y^S]} \\
 \overline{[y^M y^M] A_{22}} + \overline{[y^M z^M] A_{23}} &= \overline{[y^M y^S]} \\
 \overline{[z^M z^M] A_{23}} &= \overline{[z^M y^S]} \\
 \\
 \overline{[x^M x^M] A_{31}} + \overline{[x^M y^M] A_{32}} + \overline{[x^M z^M] A_{33}} &= \overline{[x^M z^S]} \\
 \overline{[y^M y^M] A_{32}} + \overline{[y^M z^M] A_{33}} &= \overline{[y^M z^S]} \\
 \overline{[z^M z^M] A_{33}} &= \overline{[z^M z^S]} \quad \dots (8)
 \end{aligned}$$

Diese einfache Form der Normalgleichungen ergibt sich bei Transformationsaufgaben i. a. nur dann, wenn die Koordinaten auf den Schwerpunkt reduziert worden sind. In diesem Falle sind aber die Paßpunkte nicht auf den Schwerpunkt sondern auf  $P_T$  bezogen (Abb. 3). Trotzdem aber gilt diese einfache Form der Normalgleichungen, wie folgende Überlegung zeigt: Der Punkt  $P_T$  liegt in einer Entfernung von  $S$ , die man weitgehend selbst wählen kann. Man wählt die Entfernung ungefähr gleich der halben Strecke  $|\bar{x}_2 - \bar{x}_1|$  um günstige Schnittwinkel der Vektoren zu erhalten. Nimmt man eine größere Entfernung — die ursprüngliche Entfernung multipliziert mit dem Faktor  $n + 1$  ( $n =$  Anzahl der Paßpunkte) — so hätte man ein System von  $n + 1$  homologen Punkten. Bildet man nun in diesem System neuerlich den Schwerpunkt, so fällt dieser genau mit dem ursprünglichen Punkt  $P_T$  zusammen.  $P_T$  kann also für die Rechnung als Schwerpunkt angesehen werden.

Aus dem System von Normalgleichungen errechnet man die bereits ausgeglichenen  $\overline{A_{ik}}$ -Werte. Alles weitere geschieht dann wie in Abschnitt 3 bereits gezeigt wurde.

### 5. Berechnung der Einstellwerte am Auswertegerät

Zunächst einmal braucht man dazu die Koeffizienten der Drehmatrix, die  $A_{ik}$ -Werte. Diese rechnen sich aus

$$A_{ik} = \frac{\overline{A_{ik}}}{\mu_i}.$$

Die  $A_{ik}$ -Werte bilden eine orthogonale Matrix. Die Rotationen, bezogen auf fixe Achsen, erhält man durch folgende Beziehungen:

$$\sin \Phi = -A_{31}, \quad \sin \Omega = \frac{A_{32}}{\cos \Phi}, \quad \sin K = \frac{A_{21}}{\cos \Phi}. \quad \dots (9)$$

Es muß allerdings darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Drehungen in der Reihenfolge  $\Omega, \Phi, K$  angebracht werden;  $\Omega$  ist also Primär —  $\Phi$  die Sekundär —,  $K$  die Tertiärdrehung. Bei anderer Reihenfolge der Drehungen ergeben sich die Formeln durch einfache Umformungen (siehe [4]).

Die so erhaltenen Werte müssen dann wegen der Achsstellungen der Auswertekammern nach den in [1] bzw. [2] hergeleiteten Formeln korrigiert werden, um die Einstellwerte am Auswertegerät für die endgültige Lage des Modelles zu erhalten.

#### Zusammenfassung

Mit dem gegenständlichen Verfahren ist versucht worden, den bei räumlichen Transformationen anfallenden, nicht unerheblichen Rechenaufwand zu reduzieren und die in Rede stehende Aufgabe auf diese Weise für elektronische Kleinrechenanlagen brauchbar zu machen. Das Verfahren wurde an Hand einiger Beispiele erprobt und hat sich dabei sehr bewährt. Es hat auch gegenüber den dem Verfasser bekannten Lösungen beträchtliche Zeitersparnisse gebracht.

Für die Analogphotogrammetrie ergeben sich daraus sowohl für die numerische, als auch für die graphische Auswertung erfolgversprechende Aspekte. Bei numerischen Arbeiten, wo nur einzelne Punkte des Modelles ausgewertet werden, besteht die Möglichkeit, diese Punkte bereits im nur gegenseitig orientierten Modell abzulesen und die dabei erhaltenen Maschinenkoordinaten räumlich auf die beschriebene Weise zu transformieren. Diese Art der Auswertung wird in den neueren Veröffentlichungen vielfach als „semianalytisch“ bezeichnet. Der völlige Wegfall der absoluten Orientierung bringt dabei bedeutende Zeitgewinne. Die Genauigkeit betreffend können nur Vorteile, keineswegs aber Nachteile erwartet werden.

Für graphische Arbeiten wird die absolute Orientierung am Gerät natürlich benötigt. Für solche Arbeiten ist daher der beschriebene Rechengang weiterzuführen bis zu den für die Modelldrehungen notwendigen Rotationen und Basisreduktionen, wie dies in Abschnitt 5 gezeigt worden ist. Auf diese Weise werden die Einstellwerte für die Orientierung in einem einzigen Arbeitsschritt erhalten.

Über diese Aspekte, die derzeit Gegenstand weiterer Untersuchungen sind, wird in nächster Zeit berichtet werden.

#### Literatur

[1] *Bernhard, J.*: Über den Einfluß der Achsstellungen des Auswertegerätes auf die gegenseitige Orientierung von Luftaufnahmen. *Photogrammetria* Nr. 2, 1953/54.

[2] *Bernhard, J.*: Über Bündel- und Modelldrehungen an Analoggeräten mit zwei Aufpunkten. *ÖZfV* Nr. 6/1967, S. 157–166.

[3] *van den Hout*: *CMA: Boll. di Geod.* 20, 1961, S. 418–427.

[4] *Rinner, K.*: Einführung in die analytische Photogrammetrie. (Hochschulsriptum) S. 59–67 und S. 4–12.

## Über die Genauigkeit der Paßpunktmessung für die graphische photogrammetrische Auswertung von Karten und Plänen

Von *Hans Schmid* und *Alois Stickler*, Wien

Bei der Kostenaufstellung für photogrammetrische Auswertungen sind die Kosten der Paßpunktmessung ein bedeutender Posten. Zwei Faktoren, die die Kosten der Paßpunktmessung wesentlich beeinflussen, sind die verlangte Genauigkeit und die Notwendigkeit, die Paßpunkte für die Aufnahme aus der Luft zu signalisieren. Zur Klärung dieser beiden Fragen soll in der vorliegenden Arbeit ein Beitrag geleistet werden.

In der Tabelle 1 sind die Daten aus verschiedenen Veröffentlichungen zur Frage der photogrammetrischen Meßgenauigkeit zusammengestellt. Diese Zusammenstellung erhebt weder Anspruch auf Vollständigkeit, noch ist jeweils untersucht, unter welchen Voraussetzungen die Werte erhalten wurden.

In den Spalten 12, 14 und 16 sind die für die weitere Bearbeitung notwendigen Aussagen enthalten. Läßt man jeweils die besten und schlechtesten Werte weg, so sieht man aus den Versuchen, daß allgemein der mittlere Fehler der Punktlage zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$  erhalten wurde. Ebenso ergibt sich der mittlere Höhenfehler zwischen 0,10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> und 0,20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> der Flughöhe. Der mittlere Fehler kurzer Strecken ist kleiner (70%) als der mittlere Punktlagefehler. Da theoretisch der mittlere Punktlagefehler und der mittlere Streckenfehler gleich sein müssen, bedeutet dies, daß Nachbargenauigkeit vorhanden ist. Aus Spalte 18 sieht man, daß sich die Fehler zwischen signalisierten und nichtsignalisierten Punkten etwa wie 1:2 verhalten.

Man geht bei den weiteren Überlegungen sicher nicht weit fehl, wenn man nun den kleineren Wert von  $m_{p_1} = \pm 10 \mu\text{m}$  als mittleren Punktlagefehler für die signalisierten Punkte und den Wert von  $m_{p_2} = \pm 20 \mu\text{m}$  für die nichtsignalisierten Punkte annimmt. Ebenso kann man 0,10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> der Flughöhe als mittleren Höhenfehler ( $m_{h_1}$ ) der Punkt- bzw. Kottenmessung und 0,20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> als Höhenfehler beim Abfahren der Schichtenlinie ( $m_{h_2}$ ) annehmen.

In Tabelle 2 sind nun verschiedene Dispositionen der Befliegung und der Auswertung zusammengestellt. Die Genauigkeit der Paßpunktkoordinaten soll nun so festgelegt werden, daß ihr Einfluß die erreichbare Genauigkeit der photogrammetrischen Auswertung nicht oder nur unwesentlich verringert.

Setzt man die Genauigkeit der Grundlagenvermessung (Paßpunkte) mit  $m_1$  und die des weiteren Verfahrens (photogrammetrische Auswertung) mit  $m_2$  an, so ergibt sich für den zu erwartenden Gesamtfehler ( $m_t$ ), wenn

$$m_1 = \frac{m_2}{2}, m_t = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \pm \sqrt{\frac{m_2^2}{4} + m_2^2} = \pm 1,12 m_2.$$

Es beträgt der Einfluß des Grundlagenfehlers nur rund 12% des Verfahrensfehlers. Bei gleichen Überlegungen unter Voraussetzung eines Drittels bzw. eines Viertels des Grundlagenfehlers ergeben sich nur unwesentliche Genauigkeitssteigerungen, nämlich

$$m_t = \pm 1,05 m_2 \text{ bzw. } = \pm 1,03 m_2.$$

Da es sich um die Paßpunktgenauigkeit für graphische Auswertung handelt, ist auch noch der Kartierungsfehler  $m_k$  in die Überlegungen mit einzubeziehen.

Für den mittleren Punktlagefehler der Paßpunkte kann man daher den halben Wert des Verfahrensfehlers setzen:

$$m_{pp} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{m_k^2 + m_{phot}^2}. \text{ (Spalte 13)}$$

Wenn die Paßpunkte mit dem Koordinatographen gestochene Punkte sind, kann der maximale Kartierungsfehler mit 0,1 mm, der mittlere Kartierungsfehler ( $m_k$ ) mit  $\pm 0,033$  mm angenommen werden. Für  $m_{phot}$  werden die in Tabelle 1 gefundenen mittleren Fehler  $m_{p_1}$  verwendet. Als mittlerer Fehler der Höhenpaßpunkte wird der halbe mittlere Höhenfehler der photogrammetrischen punktweisen Auswertung  $m_{h_1}$  angenommen. (Spalte 14)

Die Genauigkeit der Schichtenlinien soll gleich dem halben Schichtenabstand sein. Im Schichtenabstand  $a$  kombinieren sich die Fehler von 2 Linienauswertungen, d.h.

$$m_s = m_{h_2} \cdot \sqrt{2} \text{ und maximal } 3 \cdot 1,4 \cdot m_{h_2} = 4,2 m_{h_2}.$$

Der Schichtenabstand soll nun mindestens das Doppelte dieses Wertes sein, so daß  $a = 8,4 \cdot m_{H_2}$  wird.

Da auch für die Höhenmessung Nachbargenauigkeit anzunehmen ist, kann man für benachbarte Schichtenlinien praktisch den Schichtenabstand mit  $a = 6 m_{H_2}$  festlegen.

Rechnet man die verschiedenen Schichtenabstände nach dieser Formel (Spalte 6) und rundet man auf den nächsten vernünftigen Wert (Spalte 7) auf oder ab, so erhält man die bereits bekannte Faustformel:

Der Schichtenabstand soll mit soviel Metern angenommen werden, als die Kartenmaßstabszahl Tausender hat.

Nimmt man 70% der Bildgröße (30% Querüberdeckung) als Maximalausdehnung des Modelles an, so ist bei Vollmodellen durch die Tischgröße die Vergrößerungsmöglichkeit mit 5-fach begrenzt.  $23 \text{ cm} \cdot \frac{70}{100} \cdot 5 = 80 \text{ cm}$ .

Größere Flughöhen als 6000 m über Grund werden zivile Dienste mit ihren Flugzeugen nicht erreichen können, womit die obere Grenze für Bildmaßstäbe mit 1:40 000 gegeben wäre.

Wenn auf die Lagegenauigkeit Wert gelegt wird, werden in den großen Maßstäben ab 1:2000 natürliche, eindeutig definierbare Punkte, die wie signalisierte Paßpunkte gelten können, kaum an der gewünschten Stelle zu finden sein. Es müssen über den Paßpunkten Signaltafeln ausgelegt und bis zur Befliegung überwacht werden.

Aus den Veröffentlichungen [5] und [8] geht hervor, daß die Genauigkeit mit der Flughöhe relativ zunimmt. Deshalb sind bei den großen Bildmaßstäben für Pläne 1:1000 bzw. 1:500 Zuschläge zu den Fehlergrößen angebracht worden.

50 cm Schichtenlinien werden besonders im flachen Gelände nur mit Verbesserungen durch punktweises Nachmessen möglich sein.

#### Literaturverzeichnis

[1] *Swanson, L. W.*: Topographic Manual, Part. II. Photogrammetry 1949. U. S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey.

[2] *Schirmer-Brucklacher*: Luftphotogrammetrische Vermessung der Flurbereinigung „Bergen“, Schriftenreihe für Flurbereinigung, Heft 7/1955.

[3] *Gotthardt, E.*: Die photogrammetrische Katasterversuchsmessung „Hengstfeld“. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Heft 12/1955.

[4] *Burghardt, R.*: Photogrammetrie im Bauwesen, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 11/1957.

[5] *Stickler, A.*: Interpretation of the Results of the OEEPE, Commission C, Photogrammetria XVI, Heft 1/1959–60.

[6] *Pütz, A.*: Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der großmaßstäbigen Photogrammetrie, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 1/1959.

[7] *Blachut, T. J.*: Second International Mapping Experiment, Commission IV/3-International Society for Photogrammetry 1960.

[8] *Möller, G.*: Generalreport. Part. I. der International Society for Photogrammetry 1960.

[9] *Finsterwalder, R.-Mohr, E.*: Photogrammetrische Stadtkartierung 1:500 am Beispiel der Innenstadt von Nürnberg, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 4/1960.

[10] *Förstner, R.*: Weitere Ergebnisse aus dem internationalen Versuch „Renfrew“. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Heft 27/1964.

[11] Möller, S. G.: Report of the International Controlled Experiment „Reichenbach“ 1962–1964. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe V. Nr. 10/1964.

[12] Höhle, J.: Zur Genauigkeit photogrammetrischer Kartierungen bei flachem Gelände. Bildmessung und Luftbildwesen, Heft 3/1967.

[13] Seyfert, M.: Zur Anwendung der Aerophotogrammetrie im Ingenieur-Vermessungswesen. Vermessungstechnik, Heft 4/1967.

[14] Sticker, A.-Waldhäusl, P.: Interpretation der vorläufigen Ergebnisse der Versuche der Kommission C der OEEPE aus der Sicht des Zentrums Wien. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 3/1967 – Sonderveröffentlichung OEEPE.

[15] Ahrend, M.: Analyse photogrammetrischer Fehler. Zeiss-Mitteilungen über Fortschritte der technischen Optik, 4. Band, 2. Heft 1966.

[16] Schwidofsky, K.: Zur metrischen Reproduzierbarkeit von Diapositivplatten. Bildmessung und Luftbildwesen 1966, 99–103.

## Ein dynamisches Prüfverfahren für Kartiergeräte

Von Peter Waldhäusl, Wien

Presented Paper, Kommission II, Arbeitsgruppe 2 „Standardtests“, 11. Internationaler Kongreß für Photogrammetrie, Lausanne 1968.

### 1. Leitgedanken

Zur Justierung photogrammetrischer Kartiergeräte werden im allgemeinen Gitterplatten als fehlerfreie Standardeingabe verwendet. Das Ergebnis dieser Justierung ist ein bei punkweisem Auswerten geometrisch hinreichend richtig arbeitendes Gerät. Bei dem in der Praxis auf die geometrische Einpassung eines Modelles folgenden Kartierprozeß wird jedoch nicht punktwise, sondern linienweise, nicht statisch, sondern dynamisch ausgewertet. Zuzufolge der an Spindeln, Kardananen, Zahnrädern und Führungen etc. auftretenden Losen sowie zuzufolge der Elastizitäten des Übertragungssystems werden die durch den Operateur gesteuerten Meßmarkenbewegungen nicht fehlerfrei auf den Zeichenstift übertragen. In Anlehnung an die Theorie der Modulationsübertragung hat B. Makarovič in [1] vorgeschlagen, mit der Meßmarke monokular eine Halbkreisfolge mit abnehmenden Durchmessern („Pseudo-Sinuskurve“) nachzufahren. Der Vergleich der verzerrten Kartierung mit dem Muster gestattet dann die Aufdeckung der Fehlerquellen.

Die Arbeitsgruppe II-2 der ISP hat sich in ihrer ersten Arbeitsperiode 1966 bis 1968 auch mit diesem Verfahren befaßt ([3]–[6]) und legt hiermit ein einfaches Rezept für die Praxis vor, das zu einer möglichst weitgestreuten Erprobung und Verbesserung des Verfahrens führen möge. Ein endgültiges Urteil soll erst nach der kommenden Arbeitsperiode gefällt werden.

### 2. Praktische Durchführung

In die Bildebenenmitte des ersten Projektors wird in Nullstellung die Testscheibe mit den Pseudosinuskurven (Abb. 1) achsparallel eingelegt. Bei kleinster Brennweite

und größtem  $z$ , das heißt bei maximaler Vergrößerung zwischen Bild und Modell ( $V_{\max}$ ), und bei maximaler Vergrößerung zwischen Modell und Kartierung ( $W_{\max}$ ) wird die Pseudosinuslinie in  $x$ -Richtung langsam und sorgfältig mit der Meßmarke

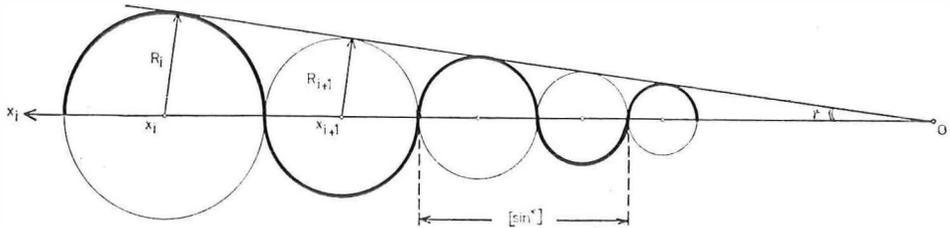


Abb. 1

Pseudosinuskurve nach B. Makarovič

Anfangswerte:  $x_i = v \cdot 30 \text{ mm}$  $R_i = v \cdot 0,5 \text{ mm}$  $v = \text{Vergrößerungsfaktor}$ Kurvenberechnung:  $\sin \gamma = R_i \cdot x_i^{-1}$  $k = \sin \gamma (1 + \sin \gamma)^{-1}$  $R_{i+1} = (x_i - R_i) \cdot k$  $x_{i+1} = x_i - (R_i + R_{i+1})$ Abbruchbedingung:  $R_{ii} < v \cdot 0,02 \text{ mm}$ 

oder einem im Gesichtsfeld erkennbaren Staubkorn monokular nachgefahren. Das Nachfahren soll jedenfalls so langsam erfolgen, daß die Qualität nicht leidet; auf Grund praktischer Versuche — je nach Wellenlänge — zwischen 20 und 7 Sekunden pro Schwingung. Der Auswerter muß Geduld und Verständnis für diese etwas monotone Arbeit mitbringen. Um die den Test störenden persönlichen Einflüsse möglichst auszuschalten, sollen Zusatzokulare verwendet werden. Die Aufzeichnung erfolgt nach Art der Abb. 2 auf sehr fein gekörnter Folie, etwa Gigantol, mit harter Bleistiftmine (8 H). Schichtgravur gibt zwar feinere Linien, beeinflusst jedoch das Ergebnis durch die größeren Widerstände am Zeichenstift. Über jede Testkurve wird ein Protokoll (Abb. 3) geführt, worin auch das optische Auflösungsvermögen, gemessen am kleinsten noch klar unterscheidbaren Halbkreisdurchmesser, eingetragen wird.

Dasselbe erfolgt anschließend in  $y$ -Richtung und diagonal sowie auch mit dem zweiten Projektor. Die allererste Kurve einer Testserie wird von  $1000 \mu\text{m}$  Halbkreisdurchmesser bis über die durch das optische Auflösungsvermögen gegebene Grenze etwas hinaus ausgewertet. Bei den folgenden fünf Kurven genügt es, bei  $400 \mu\text{m}$  zu beginnen.

An Hand der ersten sechs Kurven wird geprüft, ob überhaupt Störungen zu erkennen sind. Bei den kleinen Wellenlängen legt man die Originaltestkurve — der Vergrößerung  $V$ ,  $W$  entsprechend verschoben — auf die Registrierkurve und schätzt die Abweichungen unter einer zehnfach vergrößernden Lupe abschnittsweise auf  $1/10 \text{ mm}$  genau. Hierbei werden die zufälligen und systematischen Abweichungen gesondert betrachtet. Die großen Wellenlängen werden geprüft, indem man die transparente Registrierkurve mit einer konstruierten Pseudosinuslinie wieder abschnittsweise zur Deckung bringt.

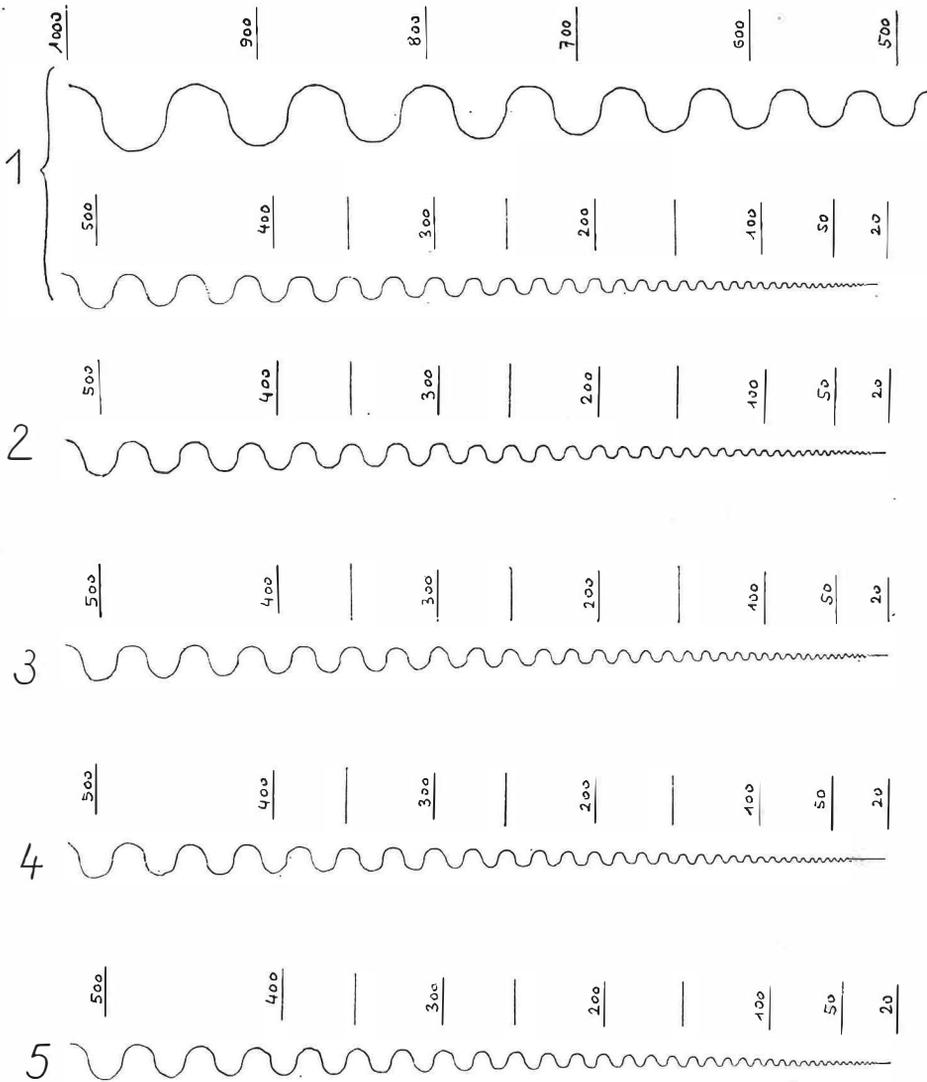


Abb. 2

Beispiel zur Aufzeichnung der Testkurven. Die Reihenfolge der Testkurven entspricht der im Text und in Abb. 3 gegebenen Empfehlung. Die Durchmesserangaben sind in  $\mu\text{m}$  im Bild zu verstehen. ( $2/3$  der natürlichen Größe)

Nur wenn Störungen in einem nicht tolerierbaren Ausmaß vorhanden sind, wird die Testserie fortgesetzt, wobei  $V$  und  $W$  variiert werden, damit der Bereich, in dem die Störung verursacht wird, eingengt werden kann. An beiden Projektoren werden die Kurven in  $x$ - und  $y$ -Richtung etwa ab  $600 \mu\text{m}$  Halbkreisdurchmesser bei  $V_{\min}$  ( $f_{\max}$ ,  $z_{\min}$ ) abgefahren. Anschließend folgt noch je eine Kurve in  $x$ - und  $y$ -Richtung bei  $V_{\max}$  und  $W_{\min}$  ab etwa  $500 \mu\text{m}$ . Danach kann mit der Analyse begonnen werden.

DYNAMISCHER GERÄTETEST NACH B. MAKAROVİČ															
ZENTRUM: _____					OPERATEUR: _____										
GERÄT/ZEICHENEINR.: _____					ASSISTENT: _____										
MESSMARKENGRÖSSE: _____					DATUM: _____										
Test Nr.	Projektor (L,R)	V = m <sub>b</sub> : m <sub>m</sub>	W = m <sub>m</sub> : m <sub>k</sub>	VW = m <sub>b</sub> : m <sub>k</sub>	opt. Vergrößerung	Bildstelle	Auswerterichtung	Tischstelle	Ausw.-Zeit (sec/sin*) von $\frac{20}{7}$ bis	opt. Auflösungsvermögen (µm im Bild)	graph. Auflösungsvermögen am Tisch (µm im Bild)	durchschnittl. stochast. Fehler am Tisch (µm)	detto umgerechnet ins Bild (µm)	durchschn. periodische Fehler am Tisch (µm)	Anmerkungen Befund
0	L	3	4	12	40	o	→	o	$\frac{20}{7}$	40	50	250	20	200	Beispiel
1	L	max	max	max	max	o	→	o	$\frac{20}{7}$						Ganze Kurve
2	L	"	"	"	"	o	↑	o	"						ab 400 µm
3	L	"	"	"	"	o	↗	o	"						"
4	R	"	"	"	"	o	→	o	"						"
5	R	"	"	"	"	o	↑	o	"						"
6	R	"	"	"	"	o	↗	o	"						"
7	L	min	max		max	o	→	o	$\frac{20}{7}$						ab 600 µm
8	L	"	"		"	o	↑	o	"						"
9	R	"	"		"	o	→	o	"						"
10	R	"	"		"	o	↑	o	"						"
11		max	min		"	o	→	o	"						besserer Proj. ab 500 µm
12		"	"		"	o	↑	o	"						"

Abb. 3

Protokoll zum dynamischen Gerätetest. In der ersten Zeile ist ein Beispiel gegeben, in den weiteren Zeilen sind rezeptartig die empfohlenen Geräteeinstellungen für die 12 Testkurven eingetragen (Siehe Text).

### 3. Analyse

Zunächst ist wesentlich, daß man das Funktionsschema des Auswertegerätes genau kennt. Abb. 4 zeigt als Beispiel das eines mechanischen Analogkartiergerätes.



Nur dann, wenn bei den ersten sechs Kurven signifikant erscheinende Störungen in einer Größenordnung auftreten, die man hinsichtlich der beabsichtigten Auswertungen nicht mehr tolerieren kann, wird der Test durch weitere ein bis zwei

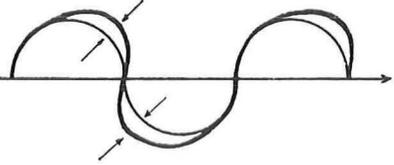
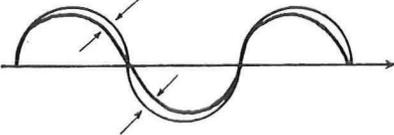
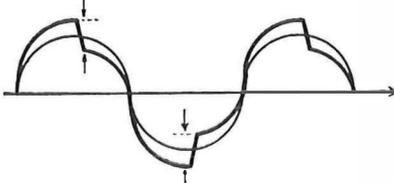
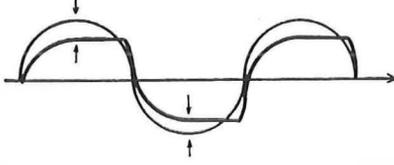
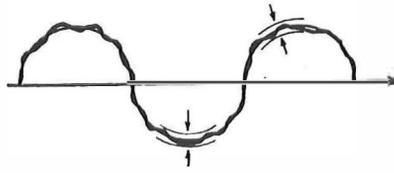
Fehlerbild	Fehlerursache
	<p>Positive Verzeichnung zufolge Elastizitätsfehler. Kritische Richtung: 50° (Zeichenstift schwingt mehr aus als Meßmarke.)</p>
	<p>Negative Verzeichnung zufolge Elastizitätsfehler. Kritische Richtung: 50° (Meßmarke schwingt mehr aus als Zeichenstift.)</p>
	<p>Positive Verzeichnung zufolge Umkehrfehler. (Meßmarke steht, während Zeichenstift weiterbewegt wird.)</p>
	<p>Negative Verzeichnung zufolge Umkehrfehler. (Zeichenstift steht, während Meßmarke weiterbewegt wird.)</p>
	<p>Stochastische Fehler. (Unregelmäßige, nicht reproduzierbare Störungen gleichbleibender Größe.)</p>

Abb. 5

Einige charakteristische Fehlerbilder und ihre Ursachen. Nach [1].

Stunden, mit wiederum sechs Kurven fortgesetzt. Für die Analyse der Aufzeichnungen braucht man dann nochmals ein bis zwei Stunden.

Wenn man die Störungsursache erkannt und beseitigt hat, werden zur Kontrolle, eventuell auch zur Aufdeckung weiterer Fehler, einige der ersten Testkurven wiederholt.

Vorläufig denkt man in der Arbeitsgruppe II-2 der ISP daran, daß man jedes Kartiergerät alle ein bis zwei Jahre mit diesem Verfahren testen sollte. Von der Arbeitsgruppe wird jedoch erst nach dem Vorliegen langjähriger Erfahrungen eine endgültige und offizielle Empfehlung gegeben werden.

### 5. Praktische Erfahrungen

Von zwölf vom Verfasser in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien 1967 geprüften Geräten verschiedener Herkunft und verschiedenen Alters waren jene Geräte, die nicht älter als fünf Jahre waren, frei von Abnutzungsfehlern. Insgesamt konnten folgende Fehler festgestellt werden:\*) Spiel im Projektionssystem (Bildkardan), abgenützte Zahnräder und Kardangelenke

Kurve Nr.	Projektor	Richtung	$V = m_b : m_m$	$W = m_m : m_k$	$V \cdot W$	Charakteristischer Ausschnitt des Kurvenbildes	Aussagen über die Störungsquelle
1	R	4,0	→	4,0	16		Negative Verzeichnung zufolge Lose vorhanden
2	R	1,3	→	4,0	5		unverändert, daher nicht im Bildraum
3	L	1,3	→	4,0	5		beidseitig, daher nicht im Projektionssystem
4	R	4,0	→	1,0	4		fast verschwunden, daher vor Schaltkasten

*Ergebnis:* Verzeichnung zufolge Lose zwischen Antriebskurbel und Getriebe. (Lose vor dem Handradeingriff würde positive Verzeichnung verursachen, wenn, wie hier, die Schwerkrafteinflüsse zu vernachlässigen sind.) Fehler: Spiel der Hook'schen Schlüssel eines alten C 5.

Abb. 6

Beispiel einer Testanalyse.

(Hook'sche Schlüssel), Elastizität eines Pantographen bei Schichtgravur<sup>(x)</sup>, dejustierte Optik,  $x$ -Lose zwischen Handrad und Getriebe (Zahnräder)<sup>(x)</sup>, Lose des Kegelzahnradpaares für den Modellwagenantrieb<sup>(x)</sup>, zu große Reibung zufolge verschmutzter Führungsrollen<sup>(x)</sup>, Pressung zwischen zwei Zahnrädern des Übersetzungsgetriebes<sup>(x)</sup>. Zur Bereinigung der vier zuerst angeführten Fehler mußte ein Firmenmechaniker geholt werden.

\*)Die mit (x) bezeichneten Fehler waren vor dem Test noch nicht bekannt oder noch nicht lokalisiert.

Ein Nebenergebnis war die Erkenntnis, daß dieses Testverfahren auch eine objektive Beurteilung der Operateure ermöglichte. Daraus kann gefolgert werden, daß man die Pseudosinuskurven auch zur Schulung von Auswertern erfolgreich einsetzen kann.

Zur Frage der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurden eigene Versuchsserien mit verschiedenen und denselben Auswertern vorgenommen. In beiden Fällen waren die Streuungen nicht größer, als es die stochastischen Einflüsse erwarten lassen. Große systematische Fehler, also die gesuchten Störungsursachen, blieben signifikant.

#### Zusammenfassung

Primär soll das dynamische Prüfverfahren von *B. Makarovič* eine Eignungsprüfung für Kartiergeräte mit praktisch vernünftigen Toleranzen sein. Es spricht integral auf alle Fehler an, die den Informationsfluß beim Kartieren stören. Wenn die Toleranzgrenze bei einer ersten Testserie überschritten wird, gestattet eine zielbewußte Testfortsetzung zunächst das Einschränken des Fehlerbereiches. Da als Standardeingabe eine Pseudosinuskurve mit bekannter Gestalt dient, läßt sich aus der Form der systematischen Abweichungen des Ergebnisses von der Sollgestalt auf die Fehlerursache schließen.

#### Résumé

En premier lieu, la méthode d'essai dynamique de *B. Makarovič* sera un examen d'aptitude pour les appareils de restitution. On examine, si des tolérances raisonnables, en pratique, sont dépassées. Cette méthode reagit intégralement à toutes les erreurs qui peuvent se manifester dans la restitution. Si, pendant la première série de tests, les tolérances sont dépassées, l'erreur peut être localisée par une continuation conséquente des tests. Une courbe pseudosinoïdale sert de figure de test. Les déviations systématiques du résultat de la figure de test révèlent l'origine de l'erreur.

#### Summary

Primary the dynamic test method by *B. Makarovič* shall be an aptitude-test for photogrammetric plotters with practically reasonable tolerances. It inclines on all errors troubling the flow of information of the mapping process. If the errors exceed a certain tolerance limit during the first test-series, the test enables the photogrammetrist by means of a purposeful continuation to reduce the array of the possible error. As the standard input is a "pseudo-sine-curve" with known shape, one can conclude the source of error itself from the form of the systematic deviations of the result from the known shape.

#### Literatur:

[1] *Makarovič, B.*, Dynamic Performance of Photogrammetric Plotting Instruments. ITC-Publication A 35, Delft 1965.

[2] *Hempenius, S. A., Makarovič, B., Van der Weele, A. J.*, Techniques for Conducting Comparative Tests of Restitution Instruments. Photogrammetria 1962—64, 234—255.

[3] *Burkhardt, R.*, Standardtests für photogrammetrische Auswertegeräte. Invited Paper Congress Lausanne 1968. Kommission II, Arbeitsgruppe 2.

[4] *Schwidersky, K.*, Überblick über optische und mechanische Fehlerquellen in photogrammetrischen Präzisionsgeräten. B. u. L. 1967, S. 215—224.

[5] *Waldhäusl, P.*, Ein dynamisches Prüfverfahren für Kartiergeräte von *B. Makarovič*. Vortrag anlässlich der 31. Photogrammetrischen Wochen, Karlsruhe 1967.

[6] *Makarovič, B.*, Ein dynamisches Prüfverfahren für Kartiergeräte. Koreferat zu [5]. Karlsruhe 1967.

## Mitteilungen

### Ehrung von Prof. Dr. Rinner

Professor Dipl.-Ing. Dr. techn. *Karl Rinner*, Vorstand der II. Lehrkanzel für Geodäsie an der Technischen Hochschule in Graz, wurde zum Präsidenten der Spezialstudien-Gruppe 1/26 „The consequences of the contributions from satellite geodesy on terrestrial geometry geodesy“ der IAG, (International Association of Geodesy) bestellt.

### Freie Assistentenstellen

Am Institut für Geodäsie II der Technischen Hochschule Graz gelangen zwei Assistentenstellen zur Besetzung. Bewerber mögen sich mit Lebenslauf an die Adresse „Institut für Geodäsie II“ (Vorstand Prof. Dr. *Karl Rinner*), Technische Hochschule Graz, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz wenden. R.

## Buchbesprechung

*Erwin Mutter: Farbphotographie - Theorie und Praxis: Vierter Band von „Die Wissenschaftliche und angewandte Photographie“ (Erneuerung und Fortführung des Hay v. Rohrschen Handbuchs der wissenschaftlichen und angewandten Photographie) Springer-Verlag, Wien-New York, S 940,—*

Die Farbphotographie ist in der letzten Zeit zu einer so beträchtlichen Vervollkommnung gelangt, daß sie auf vielen Gebieten die Schwarzweiß-Photographie verdrängt. Jeder Benützer photographischer Verfahren sollte sich daher mit jenen neuen Fragen und Möglichkeiten vertraut machen, die von der Farbphotographie dargeboten werden. Da eine Gesamtdarstellung bisher nicht bestand, mußten die maßgebenden Unterlagen aus zahllosen, oft recht schwer beschaffbaren Abhandlungen entnommen werden. Dieses Werk von *Mutter* beseitigt die bestandene Literaturlücke vollständig, denn in ihm sind mit dem Stand vom Herbst 1966 alle farbphotographischen Verfahren hinsichtlich Grundlagen und technischer Durchführung dargestellt.

Der überaus rasche Fortschritt der Entwicklung auf diesem Gebiet — bedingt durch das Interesse von Technik und Industrie — bewirkt es aber, daß einzelne Zweige der Farbphotographie noch relativ kurz behandelt sind. So werden Spektrozonal-Photographie und Spektrozonalfilme mit 11 Zeilen erwähnt, wobei neben sowjetischem Material der von *Kodak* entwickelte Ektachrome Infrared Aero Film als Falschfarben (false color)-Typus nur genannt ist. Dies ist ein Beweis für die Schnelligkeit des Fortschritts neuer Erkenntnisse und Verfahren, deren Darstellung nur mehr durch die dauernde Beobachtung der Zeitschriften-Literatur erfaßbar ist. Im Bereich der Farbphotographie ist oftmals ein Laborversuch bei geringfügiger Änderung der straffen Norm eines Entwicklungsprozesses der Anlaß zur Entstehung und Entdeckung von Effekten, die nicht unerwünscht fehlerhaft, sondern auf speziellem Gebiet höchst nutzbringend sein können.

Während zur Zeit der Entstehung dieses Buches 3 Literaturangaben (554, 555, 556) den Stand des damaligen Wissens kennzeichneten, gibt es heute ca. 240 Abhandlungen, die sich auf die Falschfarbenphotographie — insbesondere im Bereich der Luftbildmessung — beziehen und die Möglichkeiten der Anwendung dieser neuen Verfahren zur Diagnose oder Interpretation von Zuständen aller Art darstellen. Die hier in der Sowjetunion und USA betriebenen Forschungen und praktischen Erprobungen lassen für die Zukunft einen sehr raschen Fortschritt in der Anwendung der Falschfarben-Photographie insbesondere bei Luftbild-Aufnahmen erwarten. So dürfte sich neben der im vorliegenden Buch mit größter Vollständigkeit behandelten Farbphotographie zur Erzielung farbtreuer Wiedergaben noch das Gebiet der Falschfarben-Photographie entwickeln, um im Gesamtbereich der Farbphotographie etwa ähnlich eingegliedert zu sein, wie die Infrarot-Photographie im Rahmen der Schwarzweiß-Photographie.

Das vorliegende Buch beschreibt ausführlichst die Theorie und Praxis aller in Gebrauch stehenden farbphotographischen Verfahren mit Mehrschichtenfilmen und chromogener Entwick-

lung, aber auch alle solchen Verfahren, die jemals versuchsweise angewandt wurden und praktische Bedeutung erlangten. Das grundlegende Wissen zur Farbenlehre, Farbenmeßtechnik und Farbwiedergabe wird nur soweit gebracht, als es für den erwähnten Zweck notwendig ist.

Zur Kennzeichnung des Inhaltes mögen die Titel der Abschnitte dienen, sowie eine sehr gekürzte Nennung der wichtigsten Themen mit Umfang in Seitenzahlen:

I. Geschichte der Farbphotographie (1–7).

II. Farbenlehre (Licht und Farbe, Physiologie der Lichtempfindung und des Farbensehens (8–30).

III. Die farbphotographischen Verfahren (Systematik 31–34, Grundlagen und Technik 35–121).

IV. Die Praxis der Farbphotographie mit Mehrschichtenfilmen und chromogener Entwicklung (Farbschichten des Handels, ihre Eigenschaften und Verwendung 122–158, Farbfilmsensitometrie 159–184, Aufnahmetechnik 185–216, Chemie der chromogenen Entwicklung 217–244, Technik der Filmentwicklung 245–254, Negativfilmverarbeitung 254–274, Umkehrfilmverarbeitung 275–295, Papierverarbeitung 296–308, Nachbehandlung von Farbfilmen 309–316, Technik des Farbpositivlabors 317–331, Herstellung von Farbbildern nach negativen Vorlagen 332–365, Herstellung von Umkehrfarbbildern 365–371, Fehler-Ursachen, -Abhilfe, Kontrolle der Arbeitsprozesse 371–387).

V. Der heutige Stand der Farbphotographie und Ausblick (388–391).

Ein Literaturverzeichnis zu den 5 Abschnitten, das auf 31 Seiten 927 Titel nennt, sowie ein ausführliches Namen- und Sachverzeichnis runden das Werk so zweckentsprechend ab, daß die Entnahme von Antworten auf Spezialfragen sehr erleichtert wird.

Beachtet man das Vordringen der Farbphotographie im Bereich der Luftbildaufnahmen, so wäre das aufmerksame und vorausschauende Studium jener Kapitelteile zu empfehlen, die eine Kritik der Vor- und Nachteile betreffend Verwendung von Negativ- bzw. Umkehrfarbfilmen ermöglichen. Die gute Kenntnis der Grundlagen einer solchen objektiven Kritik könnte erweisen, daß die Verwendung von Farbfilmen in der Luftbildmessung — trotz höherer Gesamtkosten, jedoch rascherer Auswertung wegen erleichterter Interpretation — ökonomisch vertretbar ist. Auch in Österreich sollte dieses Buch von jenen Stellen studiert werden, die annehmen, daß die Farbphotographie auf allen Gebieten — auch der Luftbildaufnahmen — unaufhaltsam an Platz und Anwendung gewinnen wird.

Die Ausstattung des Buches, mit 127 teils farbigen Textabbildungen ist so tadellos, wie man dies vom Springer-Verlag gewöhnt ist.

F. Ackerl

## Zeitschriftenschau

Zusammengestellt im amtlichen Auftrag von Bibliotheksleiter Ob. Insp. d. Vermd. *Karl Gartner*. Die hier genannten Zeitschriften liegen in der *Bibliothek des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien I, Hofburg, auf*.

Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Karlsruhe 1968: Nr. 1. *Moritz, H.*: The Geodetic Reference System 1967. — *Draheim, H.*: Die elektronische Entfernungsmessung auf der XIV. Generalversammlung der IUGG. — *Schmidt, R.*: Zur Ausgleichung von Streckennetzen. — *Rose, W.*: Erfahrungen mit dem Geodimeter Modell 6. — Nr. 2. *Kranz, Fr.*: Die Gestaltung der ICAO-Luftfahrkarten für die Sichtflugnavigation in der Bundesrepublik Deutschland. — *Spradley, L. H.*: Cartographic Support For The Exploration Of Space. — *Stein, W.*: Der FAUTH-Mondatlas und seine Bedeutung. — *Meine, K.-H.*: Kartographische Aspekte der Weltraumforschung und ihre Bibliographie. — Nr. 3. *Osterloh, H.*: Die Raumkurve aus der Sicht des Kraftfahrers. — *Koldewitz, E.*: Der günstigste Korbbogen aus fahrdynamischer Sicht. — *Bender, W.*: Die Flächenberechnung allseitig gekrümmter Tunnel- bzw. Stollenquerschnitte. — Nr. 4. *Rimmer, K.*: Über weitere Ergebnisse im Grazer Testnetz. — *Meier, S.*: Systemfehler und Korrelation. — *Höpcke, W.*: Über Korrelationen in der Fehlerlehre. — *Sindern, J.*: Das Decca-HiFix-System im Dienste der Küstenvermessung — Aufbau und Betrieb der HiFix-Eiderkette. — *Froome, K. D.* und *Bradsell,*

R. H.: N. P. L. Mekometer III. — *Csatkai, D.*: Geodimeter-Messungen in Ungarn in den Jahren 1965 und 1966.

Annali di Geofisica, Rom 1967: Nr. 3. *Ahmad, G.*: Reflexion and refraction coefficients (amplitudes) of plane elastic waves at the boundary between transversely isotropic media.

Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe 1968: Nr. 1. *Ackermann, F.*: Gesetzmäßigkeiten der absoluten Lagegenauigkeit von Blöcken. — *Ahrend, M.* und *Dreyer, G.*: Der Doppelprojektor DP 1, ein Stereokartiergerät der Ordnung IIb. — *Döhler, M.*: Neue Prüfverfahren für Anlagen zur digitalen Datenausgabe. — *Kubik, K.*: Ein Programm zur absoluten Orientierung von photogrammetrischen Einzelmodellen.

Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, Florenz 1968: Nr. 1. *Astori, Br.* und *Cunietti, M.*: Kontrolle der Stabilität der O. M. I.-TA3/P Stereokomparator-Meßeinrichtung — *Manferti, O.*: Die italienische Abteilung für das einheitliche europäische Nivellementsnetz.

Bulletin géodésique, Paris 1967: Nr. 86. *Dobaczewska, W.*: Methods used in Poland for calculation and adjustment of the central european network of satellite triangulation. — *Schrader, B.*: Propagation of errors in schematic chains of triangles in space with measured distances. — *Koronowski, R.*: Recherche de la forme optimale des rectangles avec diagonales dans la chaîne de triangulation comportant une condition d'accord de bases de manière à rendre minimale l'erreur moyenne de position des sommets. — *Charamza, F.*: Automatic programming of least squares adjustment problems. — *Smith, A. D. N.*: The adjustment of intersecting chains of triangulation using a medium sized computer. — *Gadzicki, J.* and *Gedymin, W.*: On application of computers to adjustment of geodetical networks in Poland. 1968: Nr. 87. *Hradilek, L.*: Trigonometric levelling and spatial triangulation in mountain regions. — *Mueller, I. J.*: Global satellite triangulation and trilateration. — *Kirschmer, G.*: A new aspect on space transformations. — *Jones, L.*: Utilisation des nivellements pour l'étude des Mouvements du sol. — *Robbins, A. R.*: The chronocord Mk III — A portable recording crystal chronometer. — *Hytönen, E.*: Report on progress of the absolute gravity measurement with long wire pendulum — *Arnold, K.*: An attempt to determine the unknown parts of the earth's gravity field by successive satellite passages. — *Heifetz, M. E.*, *Malahov, B. M.* and *Terehov, V. P.*: Sea-surface pendulum measurements made by Laboratory of Gravimetry of the Central Scientific Research Institute of Geodesy, Aerial Surveying and Cartography of the USSR. — *Rapp, R. H.*: The computation of gravity at elevation on a large scale.

Geodesia, 's-Gravenhage 1967: Nr. 7—8. *Dekker, H. A. L.*: Verbessern von Bogen mit Hilfe der Pfeilgröße-Methode. — Nr. 9. *Keijzer, C.*: Messungen für die neue Hafeneinfahrt bei Hoek in Holland. — Nr. 12. *van der Schaaf, H. Ph.*: Hi-Fix-patronen.

Geodetický a kartografický obzor, Prag 1968: Nr. 1. *Hojovec, V.* und *Šmelil, J.*: Kriterien zur Beurteilung der Eignung der kartographischen Darstellung aus der Sicht der Deformationen. — *Kment, L.*: Geodätische Arbeiten beim Bau eines 22-geschoßigen Wohnhochhauses. — Nr. 2. *Charamza, F.*: Unterprogramme für die Arbeit mit den Verzeichnissen auf der Rechenanlage ODRA 1003 (Forts. i. Nr. 3). — *Kučera, K.*: Abweichungen  $\xi$ ,  $\eta$  eines allgemeinen einseitig orientierten Polygonzuges. — *Podroužek, V.*: Kartographische Bearbeitung der technisch-ökonomischen Karte durch Schichtgravur. — *Mašlonka, F.*: Senkrechte Entfernungsmeßblatte. — Nr. 3. *Kubáček, L.*: Über die Planung der Meßgenauigkeit. — *Pukl, J.*: Einige Erfahrung bei der Aufnahme der wirtschafts-technischen Karte. — *Drabant, J.* und *Dobis, J.*: Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der Längenmessung im geeigneten Grubenbau. — *Herda, M.*: Prüfungen des optischen Präzisionslotes Zeiss PZL und der Zielmarken für die unmittelbare Ablotung einer Vertikale.

Geodetski list, Zagreb 1967: Nr. 7—9. *Kontić, Sl.*: Ein Verfahren für die Bestimmung des Refraktionseinflusses bei präzisen geodätischen Messungen. — *Neidhardt, N.*: Tachymetrische Tafeln und Winklextrapolation. — *Kalafadžić, Zv.*: Geodätisches Kreiselinstrument Wild GAK 1. — Nr. 10—12. *Strineka, P.*: Die Übertragung des Nivellements über Meeresbuchten, breite Flüsse und Schluchten. — *Lovrić, P.*: Städtekarten.

Geodézia és Kartográfia, Budapest 1967: Nr. 5. *Hazay, I.*: Die Ausgleichung von Nivellementsnetzen für die Beobachtung der vertikalen Erdkrustenbewegungen. — *Joó, I.*: Die Zuverlässigkeit der geodätischen Netze und die Kreiselttheodolitmessungen. — *Jobb, J.*: Orientierungsmessungen unter Tage und über Tage mit Kreiselttheodoliten. — *Sipos, S.*: Geodätische Aufgaben im Zusammenhang mit der Senkung von Stahlbetonschächten. — *Simor, L.* und *Szabó, T.*: Geo-

dätische Arbeiten der archäologischen Forschungen. — *Balázs, L.*: Gedanken über das Zustandebringen von horizontalen Festpunkten vierter Klasse. — *Mogyorósi, B.*: Graphische Placierung des Punktes im Falle von Bogenschnitten. — *Balla, J.*: Einige neuere technologische Aufgaben der Kartographie. — *Suara, R.*: Die Prüfung von Schulatlanten verschiedener Länder. — Nr. 6. *Joó, I.*: Ungarisch-sowjetische geodätische Beziehungen. — *Bereczky, Ö.*: Beziehungen zwischen der ungarischen und der sowjetischen Kartographie. — *Csatkai, D.*: Geodimetermessungen in Ungarn in den Jahren 1965–1966. — *Halmos, F.*: Die konstruktive Lösung der Aufsatzkreisel und deren Untersuchungsergebnisse. — *Miskolczi, L.*: Eine mögliche Lösung der Ausgleichung von Nivellementsnetzen für die Beobachtung der rezenten Erdkrustenbewegungen. — *Lukács, T.*: Neue Methode der Fixierung und der Weiterförderung von geodätischen Daten. — *Bölönyi, Gy.*: Anwendung der Stenometrie in der Geodäsie. 1968: Nr. 1. *Halmos, F.*: Genauigkeitsuntersuchungen und methodische Probleme der kreiseltechnischen Azimutbestimmung. — *Radó, S.* und *Bereczky, Ö.*: National- und Regionalatlanten. — *Deme, Gy.*: Anwendung des numerischen Verfahrens der Photogrammetrie bei der Stadtvermessung. — *Gebry, J.*: Blockausgleichung der Luftbildtriangulation für die Präzisionskartierung 1:1000-Maßstabes der Stadt Oroszlány. — *Hankó, G.*: Der Stand und die zu erwartende Entwicklung der Photogrammetrie in Ungarn. — *Anna, E.*: Vermessungsarbeiten zur Umgestaltung des Baross-Platzes in Budapest. — *Detreköi, A.*: Über die Genauigkeitsmaße der horizontalen Absteckungen von Industrieanlagen. — *Alpár, Gy.*: Kritik zur strengen Ausgleichung der Polygonzüge.

Geodezja i Kartografia, Warschau 1967: Nr. 4. *Dobaczewska, W.*: Théorie de la solution du problème fondamental de la géodésie satellitaire. — *Gdowski, B.*: Critériums de Airy et Fiorini et leur généralisation en application aux projections azimutales normales.

Géomètre, Paris 1967: Nr. 11. *Delbard, R.*: Remembrement et photogrammétrie. — 1968: Nr. 1. *Lesprit, R.*: Les planimètres de précision. — Nr. 3. *Wolf, E.*: La compensation de l'équation des côtés dans les figures principales de triangulation.

The Geophysical Journal, London 1968: Vol. 14/Nr. 5. *Newton, R. R.*: A satellite determination of tidal parameters and Earth deceleration.

Nachrichtenblatt der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz, Koblenz 1967: Nr. 4. *Herzfeld, G.*: Zur Einführung der Automationsrichtlinien (RiKaDa). — 1968: Nr. 1. *Mentges, J.*: Vorbereitung und praktische Durchführung der terrestrischen Arbeiten für die Luftbildvermessung einer Umgehungsstraße. — *Schillhan*: Der Einsatz des Geodimeters bei Landes- und Katastervermessungen im Jahre 1967.

Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Hannover 1967: Nr. 3. *Wendt*: Aktuelle Probleme im Liegenschaftskataster. — *Helke*: Die TP-Kartei in neuer Form. — Sonderheft 5/1967. Das Niedersächsische Vermessungs- und Katastergesetz. — Nr. 4. Berufsordnung der öffentlich bestellten Vermessungsingenieure (VermIngBO); Kommentar.

Photogrammetria, Amsterdam 1968: Nr. 1. *King, C. W. B.*: Programming considerations for adjustment of aerial triangulation. — *Jerie, H. G.*: Theoretical height accuracy of strip and block triangulation with and without use of auxiliary data. Nr. 2. *Soehngen, H. F.*: The development of a programming language for photogrammetry. — *de Masson d'Autume, G.*: The perspective bundle of rays as the basic element in aerial triangulation. — *Thompson, E. H.*: The projective theory of relative orientation.

Photogrammetric Engineering, Falls Church, Virginia, USA: Nr. 12. *Holt, H. E.*: Interpretation of Surveyor I Lunar Photos. — *Batson, R. M.*: Surveyor Spacecraft Television Photogrammetry. — *Baker, R. D.*: Infrared Imagery Mosaics for Geological Investigations. — *Avery, T. E.*: All SORTS of Stereograms. — *Richter, D. M.*: Airphoto Index of Western United States. — *Shmutter, B.* and *Bonfiglioli, L.*: Orientation Problems in Two-Medium Photogrammetry. — 1968: Nr. 1. *Norton, Cl. L.*: Aerial Cameras for Color. — *Geary, E. L.*: Coastal Hydrography. — *Falkner, E.*: Land Use Changes in Parkway School District. — *Huber, D. N.*: Geodetic Positioning with the PC-1000 Camera. — *Stoll, A. W.*: The Automatic Photomapper. — *Shepherd, W. H.*: Automatic Contour Digitizer. — *Konecny, G.* and *Refoy, D. H.*: Maps from Digitized Stereomat Data. — *Fligor, P. D.*: Resection without Camera or Station Parameters. Nr. 2. *Hemphill, W. R.* and *Danilchik, W.*: Geologic Interpretation of a Gemini Photo. — *Klaver, J.*: Kern Plotter Impro-

vements. — *Badgley, P. C., Colvocoresses, A. P. and Centers, Ch. D.*: NASA Earth-Sensing Space Experiment. — *Arena, A. and Umlas, M.*: A New Panoramic Camera Development. — *Moffitt, Fr. H.*: Wave Surface Configuration. — *Wuollett, G. M. and Skibitzke, H. E.*: Plotting DME Arcs for Aerial Photography. — *Lafferty, R., Jr.*: Circular Flight Paths Using DME. — *Nr. 3. Eggleston, J. M.*: Lunar „Rolling Stones“. — *Schneider, W. J.*: Color Photographs for Water Resources Studies. — *Umbach, M. J.*: Color for Metric Photogrammetry. — *Barry, R. G. and Courtney, Th. P.*: Selenodetic Control from Ranger Photos. — *Wight, R. H.*: A Panoramic Rectifier for Tactical Field Use. — *Colcord, J. E.*: A Survey of Training Aids.

Photogrammétrie, Brüssel 1967: *Nr. 88. Bartorelli, U.*: L'application dendrométrique de la photogrammétrie. — *Dubuisson, B. L. Y.*: L'évolution de la photogrammétrie et de la photo-interprétation aux grandes échelles. — *Nr. 89. Baetslé, P.-L.*: Segments capables et relèvement — sur la sphère.

The Photogrammetric Record, London 1967—1968: *Nr. 30. Löscher, W.*: Some Aspects of Orthophoto Technology. — *Woodrow, H.*: The Use of Colour Photography for Large Scale Mapping. — *Bawden, M. G.*: Applications of Aerial Photography in Land System Mapping. — *Jeffers, J. N. R.*: The Use of Electronic Computers in Land Use Surveys Based on Photo-Interpretation. — *Eden, J. A.*: A New Fast Working Approach to Analytical Photogrammetry. — *Boniface, P. R. J.*: Analytical Triangulation Using a Stereo-Plotter and Réseau Plate-Holders. — *Jones, A. D. and Manton, M. M.*: Slotted Templet Triangulation with Contact Prints. — *Nr. 31. Thompson, E. H.*: The Standard Error of an Observation of Unit Weight. — *Baussart, M.*: Photogrammetry and Civil Engineering in France. — *Williams, V. A.*: Thoughts on Mapping by Photogrammetry. — *Atkinson, K. B.*: The Recording of Some Prehistoric Carvings at Stonehenge. — *Brock, G. C.*: Limitations of Resolving Power as a Measure of Image Quality in Aerial Photography. — *Holden, G. J. F.*: An Aerial Triangulation Method with the Wild B8. — *Proctor, D. W.*: The Analytical Orientation of a Lunar Model. — *Sly, W. E.*: The Calibration of Aerial Survey Cameras. — *Welch, R. and Howarth, P. J.*: Photogrammetric Measurements of Glacial Landforms.

Proceedings of the Institute of Geodesy and Cartography, Warschau 1967: *Nr. 2. Ciesielski, J. and Podlacha, Kr.*: The principles of drawing-up the special urban maps for the administration of the outfitted terrains. — *Nowosielski E. and Kolodziejaska, R.*: Research on the field determination of classification contours, their appraisal and the influence of these operations upon the value of a parcel and of a farm. — *Stocki, St.*: On the feasibility of applying the PERT method in geodetic work. — *Rodkiewicz, R.*: An attempt of application of the PERT method to the geodetic works. — *Nr. 3. Radecki, J.*: Tables for computing the azimuth of Polaris from the hour angle for the years 1967—1988. — *Moskowsinski, M.*: The way of composition of an observation programme to the modified method of azimuth definition by prof. J. Radecki. — *Janusz, W.*: The measurement of discrepancies which arise during the manufacture and assembling of rotational whirling Systems. — *Stanczak, M.*: The problem of vertical scale of relief models.

Przegląd Geodezyjny, Warschau 1967: *Nr. 9. Odlanicki-Poczobutt, M.*: Das Internationale Maßsystem SI und die Möglichkeiten seiner Einführung in Polen. — *Beluch, J.*: Der Einsatz von Maser und Laser in der Geodäsie. — *Pekalski, M.*: Eine der Methoden der Trassierung des Realisationsnetzes. — *Wolski, E. und Bielecki, T.*: Problematik und Methode der geodätischen Prüfungen der Montagegenauigkeit bei Gebäuden aus Großplatten und Großblockelementen. — *Rolnik, E.*: Der Einfluß der Genauigkeit der Polarkoordinaten und der Basislänge auf den Breitenfehler des Bandes des hyperbolischen Koordinatennetzes. — *Minowska, L.*: Präzisionsprüfer. — Typ Hannover. *Nr. 10. Ney, B.*: Die Rolle von Deformationsmessungen im Kampf gegen die schädlichen Einflüsse des Bergbaues auf die Bergformation, die Oberfläche und die Objekte. — *Kuckiewicz, W.*: Beurteilung der Genauigkeit der Polygonisierungstechnik. — *Trojanowski, K.*: Fehlergrenzen der Koordinaten in der Bergwerkspolygonisierung. — *Chojnicki, T.*: Die Gravimetereichung nach der Neigungsmethode. — *Wedzony, J.*: Hydrostatisches Nivellierinstrument. — *Przewlocki, S.*: Die Linie gleicher Peilungen und ihre Grundeigenschaften. — *Idzik, A.*: Suche nach präziserer Ermittlung von Schichtlinien. — *Nr. 11. Sipos, S.*: Geodätische Arbeiten beim Bau der städtischen Untergrund-Schnellbahn in Budapest (Schluß in Nr. 12). — *Paslowski, J.*: Sowjetische Kartographiearbeiten in der Antarktis. — *Linsenbarth, A.*: Sowjetische Photogrammetriebücher und -lehrbücher. — *Godlewski, M. und Perelmuter, A.*: Analytische Aerotriangulation nach der Methode von Prof.

Lobanow. — Nr. 12. Machowski, J. und Ślusarczyk, U.: Der Einsatz des Nivelliers 007 bei der Untersuchung von Vertikalbewegungen an Stadthäusern und des Geländes. — Rakoczy, A.: Italienische Vorschläge und Konzeptionen für den Nachweis und für die Kontrolle von Erdrutschbewegungen. — Weibrecht, O.: Steckometer mit automatischer Registrierung, 1968: Nr. 1. Milewski, J.: Reduktion von linearen mit elektromagnetischen Entfernungsmessern ausgeführten Messungen auf das Bezugsellipsoid. — Machowski, S.: BRT 006, ein Gerät für Vertikalmessungen. — Szepetkowski, S.: Ermittlung der Maximalängen von Messungslinien. — Klopocinski, W., Pianko, E. und Żak, M.: Projektierung und Ausführung von geodätischen Messungen der Deformationen am Dammt von Zaton. — Guethner, T. und Sepiolo, J.: Über den Schutz von Positiven von Aerophotos gegen die schädliche Einwirkung der Luftfeuchtigkeit Nr. 2. Holejko, K. und Demzuk, M.: Telemeter RG-10 ein neues Mikrowellen-Fernmeßgerät mit Transistoren. — Szelag, Cz.: Geodätische Arbeiten bei der Verschiebung einer Kirche. — Żak, M.: Die Möglichkeiten des Nomogrammeinsatzes bei der Projektierung von Grundstücken bei vorgegebenem Wert. — Rozwatka, Z.: Diskussion und Vergleichung verschiedener Methoden der Koordinatenberechnung. — Gatda, M. und Zorski, Z.: Versuch der räumlichen Phototriangulation mit dem polnischen Rechner UMC-1 (UMC-10). — Brokman, L.: Beurteilung und Vorbereitung von karthographischem Material für Karten für die Grundstücksumlegung. — Nr. 3. Gaździcki, J.: Neuentwicklungen für die Automatisierung von Berechnungen und des Kartierens. — Bietkowski, M. und Mercik, S.: Übersicht über einige Arten der Sichtbarkeitserhöhung von geodätischen Signalen. — Wandasiewicz, J.: Konstruktion und Absteckung von Straßenserptinen. — Pęczek, L.: Räumliche Affin-Transformation.

---

#### Contents

Johann Bernhard, On Special Test-Arrangements for Testing Stereo-Plotting Machines  
 Karl Killian, Proposals for Spatial Aero-Triangulation.  
 Josef Kovarik, Ideas on the Numerical Solution of Reciprocal Orientation in Analogue-Plotters.  
 Peter Leeb, On Spatial Transformations.  
 Hans Schmid and Alois Stickler, On the Accuracy of Pass Point Measurement for the Graphical Photogrammetric Evaluation of Charts and Maps.  
 Peter Waldhäusl, A Dynamical Test-Procedure for Plotting Machines by B. Makarovič

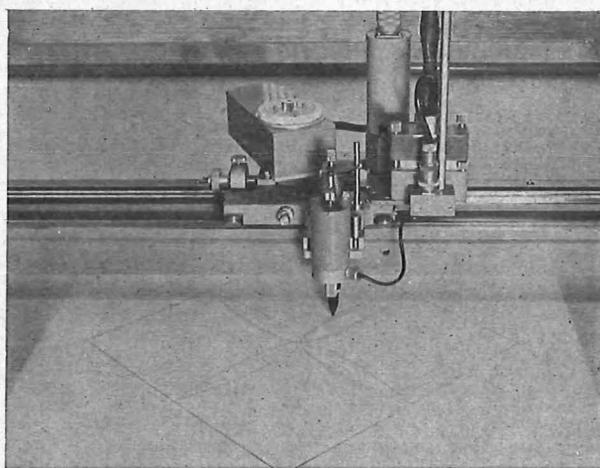
#### Sommaire

Johann Bernhard, Sur les dispositions de test spéciales dans l'examen des appareils de restitution stéréoscopique.  
 Karl Killian, Propositions sur l'aérotriangulation spatiale.  
 Josef Kovarik, Idées au sujet de la solution numérique de l'orientation relative dans des appareils analogues.  
 Peter Leeb, Sur la transformation spatiale.  
 Hans Schmid et Alois Stickler, Sur la précision de la détermination des points de contrôle pour la restitution photogrammétrique graphique des cartes et plans.  
 Peter Waldhäusl, Une méthode d'essai dynamique pour les appareils de restitution.

#### Anschriften der Mitarbeiter dieses Heftes

ORdV Dipl.-Ing. Dr. techn. Johann Bernhard, 1080 Wien, Krotenthallergasse 3.  
 Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Killian, 1140 Wien, Hadikgasse 40.  
 ORdV Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Kovarik, 1080 Wien, Krotenthallergasse 3.  
 Komm. Dipl.-Ing. Peter Leeb, 1080 Wien, Krotenthallergasse 3.  
 A. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid, 1040 Wien, Karlsplatz 13.  
 ORdV Dipl.-Ing. Alois Stickler, 1080 Wien, Krotenthallergasse 3.  
 Hochschul-Assistent Dipl.-Ing. Peter Waldhäusl, 1040 Wien, Karlsplatz 13.

# Rationalisiertes Herstellen von Zeichnungen und Plänen



Der programmgesteuerte Koordinatograph  
Contraves/Haag-Strel zeichnet  
und beschriftet schnell und zuverlässig Pläne  
und stellt Computer-Daten graphisch dar.

Der frei programmierbare Interpolations-  
rechner der Anlage erlaubt ein genaues  
Aufzeichnen beliebiger Kurven und Geraden.

Tischgröße des Koordinatographen  
1200 x 1200 mm

Maximale Zeichengeschwindigkeit 80 mm/sec  
Aufzeichnungsgenauigkeit 0,06 mm

Gerne orientieren wir Sie in allen Einzelheiten.  
Bitte verlangen Sie Bulletin 6203  
oder eine unverbindliche Beratung durch  
unsere Ingenieure.

## Contraves

Contraves AG Zürich Schaffhauserstrasse 580

Verkauf für Österreich

**DR. WILHELM ARTAKER**

1031 Wien III, Reisnerstr. 6, Ruf: (0222) 731586 Δ

Wiener Messe Halle M, Stand 1214-1219

## Neuwertige Doppelrechenmaschinen,

einfache Kurbel- sowie elektr. halb- und vollautomatische Rechenmaschinen  
BRUNSVIGA usw. lieferbar.

Generalüberholungen von BRUNSVIGA-Maschinen mit neuer Garantie.

F. H. FLASDIECK, D 5600 Wuppertal-Barmen, Futterstr. 17, Ruf 59 50 00

## Österreichischer Verein für Vermessungswesen

A 1180 Wien XVIII, Schopenhauerstraße 32

### Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen

Sonderheft 20: H. G. Jerie, *Weitere Analogien zwischen Aufgaben der Mechanik und der Ausgleichsrechnung*. 24 Seiten mit 14 Abbildungen, 1960. Preis S 32,— (DM 5·50).

Sonderheft 21: Mader, *Die zweiten Ableitungen des Newton'schen Potentials eines Kugelsegments — Topographisch berechnete partielle Geoidhebungen. — Tabellen zur Berechnung der Gravitation unendlicher, plattenförmiger, prismatischer Körper*. 36 Seiten mit 11 Abbildungen, 1960. Preis S 42,— (DM 7·50).

Sonderheft 22: Moritz, *Fehlertheorie der Graphisch-Mechanischen Integration — Grundzüge einer allgemeinen Fehlertheorie im Funktionenraum*. 53 Seiten mit 6 Abbildungen, 1961. Preis S 52,— (DM 9·—)

Sonderheft 23: Rinner, *Studien über eine allgemeine, voraussetzungslose Lösung des Folgebildanschlusses*. 44 Seiten, 1960. Preis S 48·— (DM 8·—)

Sonderheft 24: *Hundertjahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung 23. bis 25. Oktober 1963*. 125 Seiten mit 12 Abbildungen, 1964. Preis S 120·— (DM 20·—)

Sonderheft 25: *Proceedings of the International Symposium Figure of the Earth and Refraction; Vienna, March 14<sup>th</sup>—17<sup>th</sup>, 1967*. 342 Seiten mit 150 Abbildungen, 1967. Preis S 370,— (DM 64,—).

### OEEPE, Sonderveröffentlichungen

Nr. 1: Rinner, *Analytisch-photogrammetrische Triangulation eines Teststreifens der OEEPE*. 31 Seiten, 1962. Preis S 42,—.

Nr. 2: Neumaier und Kasper, *Untersuchungen zur Aerotriangulation von Überweitwinkelaufnahmen*, 4 Seiten, 2 Seiten Abbildungen, 1965. Preis S 10,—.

Nr. 3: Stickler und Waldhäusl, *Interpretation der vorläufigen Ergebnisse der Versuche der Kommission C der OEEPE aus der Sicht des Zentrums Wien*, 4 Seiten, 8 Tabellen, 1967. Preis S 20,—.

Alte Jahrgänge der Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen liegen in der Bibliothek des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen auf und können beim Österreichischen Verein für Vermessungswesen bestellt werden.

#### Unkomplette Jahrgänge:

à 20,— S; Ausland 4,— sfr bzw. DM u. Porto

Jg. 1 bis 5 ..... 1903 bis 1907

7 bis 12 ..... 1909 bis 1914

19 ..... 1921

#### Komplette Jahrgänge:

à 40,— S; Ausland 8,— sfr bzw. DM u. Porto

Jg. 6 ..... 1908

13 bis 18 ..... 1915 bis 1920

20 bis 35 ..... 1922 bis 1937

36 bis 39 ..... 1948 bis 1951

à 72,— S; Ausland 15,— sfr bzw. DM u. Porto

Jg. 40 bis 49 ..... 1952 bis 1961

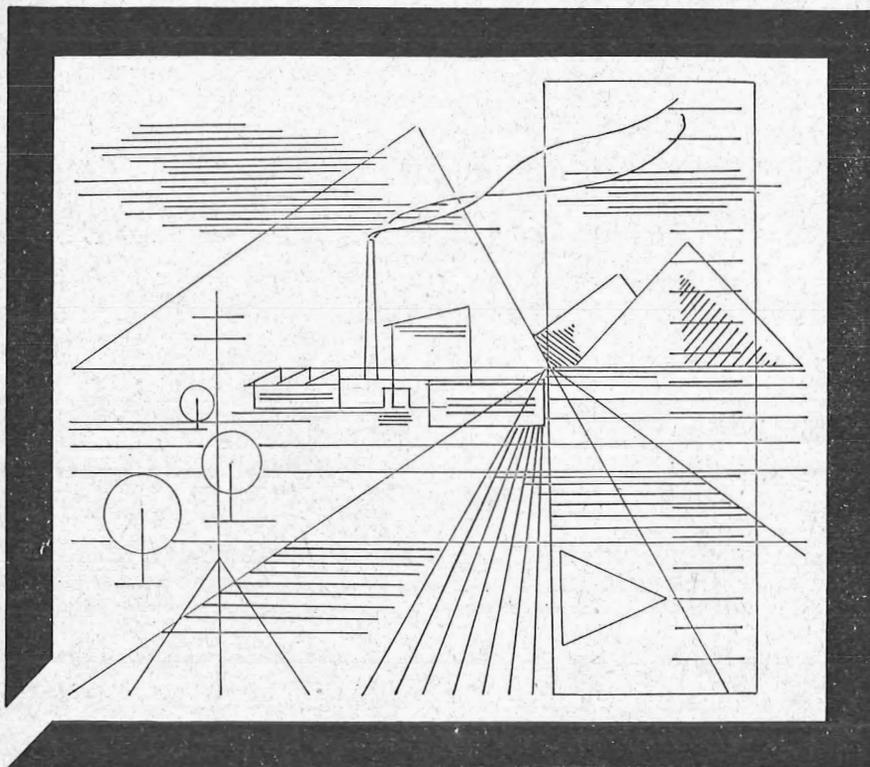
à 100,— S; Ausland 20,— sfr bzw. DM u. Porto

Jg. 50 bis 53 ..... 1962 bis 1965

à 130,— S; Ausland 28,— sfr bzw. DM u. Porto

ab Jg. 54 ..... ab 1966

# Vermessungsgeräte aus Jena



Nivelliere: Ni 060, Ni 030, Ni 004

Kompensator-Nivelliere: Ni 025, Ni 007

Theodolite: Theo 120, Theo 020, Theo 010, Theo 003

Reduktions-Tachymeter: Dahlta 020, Redta 002, BRi 003

Elektro-Optisches Streckenmeßgerät EOS

Topographisch-tachymetrischer

Entfernungsmesser Teletop

Automatisches Präzisions-Zenitlot PZL

Doppelwinkelpisma

Trigonometrisches-Signalscheinwerfer-Gerät TSG 201

aus Jena

**JENOPTIK JENA GmbH**

DDR/69 J e n a, Carl-Zeiß-Straße 1

HERZSTARK & Co.

Generalvertretung der optischen Werke  
J e n a, Wien XV, Linke Wienzeile 274

# Neuerscheinungen

## von offiziellen Karten der Landesaufnahme

### Österreichische Karte 1:50.000

30 Neumarkt	93 Berchtesgaden	133 Leoben
im Hausruckkreis	101 Eisenerz	134 Passail
55 Obergrafendorf	102 Aflenz Kurort	150 Zell am Ziller
56 St. Pölten	103 Kindberg	165 Weiz
74 Hohenberg		

Österreichische Karte 1:200.000: Blatt 31<sup>0</sup> 47<sup>0</sup> Spittal an der Drau

Umgebungs- und Sonderkarten:

Umgebungskarte von Innsbruck 1:25.000

Umgebungskarte von Wien 1:50.000

**Preise der Kartenwerke ab 8. Februar 1965:** je Blatt S

Österreichische Karte 1:25.000	13.—
1/4 Blätter (Halbsektionen) . . . . .	5.—
Zeichenerklärung 1:25.000 . . . . .	15.—
Österr. Karte 1:50.000 ohne Straßen- u. Wegmarkierungsaufdruck	19.—
Österr. Karte 1:50.000 mit Straßen-, ohne Wegmark.-Aufdruck	21.—
Österr. Karte 1:50.000 mit Wegmarkierung, ohne Straßen- aufdruck (Wanderkarte) . . . . .	6.—
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50.000 ohne Wegmarkierung	10.—
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50.000 mit Wegmarkierung (Wanderkarte) . . . . .	

Dieses Kartenwerk umfaßt insgesamt 213 Blattnummern.

Hievon sind bisher erschienen:

147 Blätter Österreichische Karte 1:50.000 mit Schichten in Mehrfarbendruck sowie 66 Blätter als provisorische Ausgabe der Österreichischen Karte 1:50.000 in Zweifarbendruck (schwarz mit grünem Waldaufdruck); diese Blätter sind mit Schichtenlinien und Schraffen versehen.

Österreichische Karte 1:200.000 bisher erschienen:

Blatt 35 <sup>0</sup> 48 <sup>0</sup> Preßburg . . . . .	20.—
31 <sup>0</sup> 47 <sup>0</sup> Spittal an der Drau . . . . .	20.—

Umgebungs- und Sonderkarten:

Umgebungskarte von Innsbruck 1:25.000 mit Wegmarkierung, gefaltet, in Umschlag . . . . .	40.—
Umgebungskarte von Wien 1:50.000 mit Wegmarkierung, gefaltet, in Umschlag . . . . .	40.—
Wachau 1:50.000 mit Wegmarkierung . . . . .	23.—

*Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und in der amtl. Verkaufsstelle des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme), 1080 Wien 8, Krotenthallergasse 3*

### Neuerscheinungen des österr. Wasserkraftkatasters

Im Zuge der Bearbeitung des neuen österr. Wasserkraftkatasters ist erschienen:

Gurk, Saalach, Alm je S 2.500,—

Bibliographie zur österreichischen Wasserwirtschaft S 48.—

Die bisher erschienenen Bände sind durch den Kartenverlag des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Landesaufnahme, in Wien bzw. durch den Buchhandel zu beziehen.

# **Offizielle österreichische amtliche Karten der Landesaufnahme**

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen  
in 1080 Wien VIII, Krotenthallerg. 3 / Tel. 42 75 46

---

Es werden folgende Kartenwerke empfohlen:

## **Für Amtszwecke sowie für Wissenschaft und Technik**

Die Blätter der

Österreichischen Karte 1:25.000, bzw. der  
Alten österreichischen Landesaufnahme 1:25.000  
Österreichische Karte 1:50.000, bzw. die  
Provisorische Ausgabe der Österreichischen Karte 1:50.000  
Generalkarte von Mitteleuropa 1:200.000  
Übersichtskarte von Mitteleuropa 1:750.000  
Arbeitskarten 1:200.000 und 1:500.000 von Österreich  
Politische Karte der Republik Österreich 1:500.000

## **Zum Zusammenstellen von Touren und Reisen**

Karte der Republik Österreich 1:500.000, mit Suchgitter und Index  
Generalkarte von Mitteleuropa 1:200.000

## **Für Wanderungen**

die Blätter der Wanderkarte 1:50.000 mit Wegmarkierungen  
und verschiedene Umgebungskarten

**Die Karten sind in der amtlichen Verkaufsstelle 1080 Wien VIII,  
Krotenthallergasse 3 und in Buchhandlungen erhältlich.**

Auf Wunsch werden Übersichtsblätter kostenlos abgegeben.

COMPTE RENDU OFFICIEL  
DU  
DIXIÈME CONGRÈS INTERNATIONAL DES GÉOMÈTRES

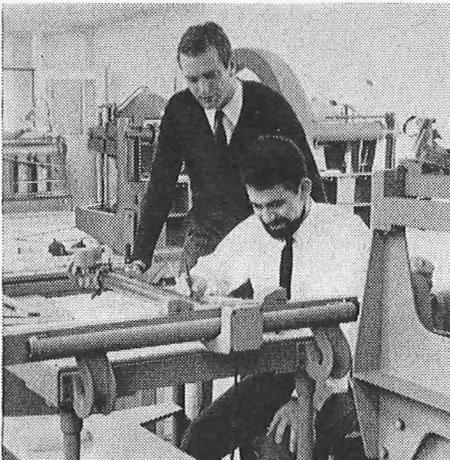
Wien  
24. August bis 1. September 1962

188 Seiten mit 19 Abbildungen, 19,8×25,7 cm, broschiert S 120,—

- 25 Seiten Organisation der FIG und die Delegierten der Mitgliedstaaten  
16 Seiten Liste der Teilnehmer am X. Kongreß und deren Anschriften  
49 Seiten Organisation, Programm, Ausstellung und Ansprachen beim X. Kongreß  
79 Seiten Bericht des Generalsekretärs der FIG über die Zeit vom 1. Jänner 1960 bis 31. Dezember 1963  
Bericht über die 4 Sitzungen des Comité Permanent  
Erste und zweite Generalversammlung der FIG am 25. 8. und 1. 9. 1962  
Alle Berichte in Deutsch, Englisch und Französisch abgefaßt  
19 Seiten Verzeichnis der National-, Präsidial- und Spezialberichte  
Verzeichnis der Autoren dieser Berichte

Zu beziehen durch den Österreichischen Verein für Vermessungswesen,  
A 1180 Wien, Schopenhauerstraße 32

**Die Schweizerische Schule für Photogrammetrie-Operateure**



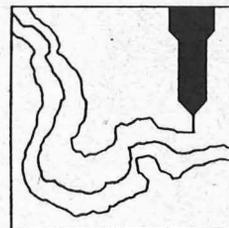
Prospekte und Anmeldeformulare erhalten Sie durch die  
**Schweizerische Schule für  
Photogrammetrie-Operateure**  
Rosenbergstraße 16  
CH-9000 St. Gallen

Kündigt ihren dritten Kurs von 6 Monaten Dauer in deutscher, französischer, englischer und spanischer Sprache an.

**Kursbeginn: 21. Oktober 1968**

Ziel des Kurses: Ausbildung von Instrumenten-Operateuren mit der für die praktische Auswerte-Tätigkeit notwendigen theoretischen Grundlage und erforderlichen Routine.

**Anmeldeschluß: 31. August 1968**



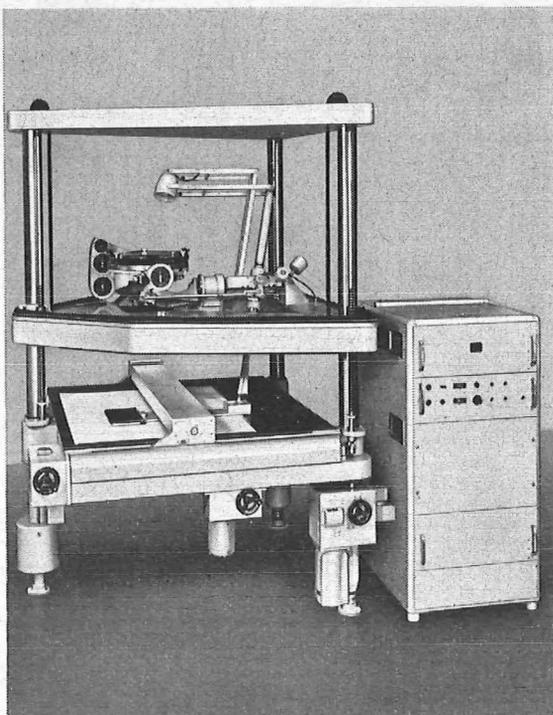


## Orthophotokarten mit Schichtlinien

Orthophotos vereinen den Detailreichtum des Luftbildes mit der Genauigkeit der Karte. Die Voraussetzungen für die rationelle Anwendung des Verfahrens der Orthoprojektion sind durch den heutigen Stand der Geräteentwicklung gegeben.

Orthophotos gewinnen daher zunehmende Bedeutung bei der Karten-Neuerstellung und Kartennachführung.

Orthophotos hoher Bildqualität erhalten Sie mit dem GZ 1-System.



## Orthoprojektor GZ 1

Die Höhensteuerung des Projektionssystems im Orthoprojektor GZ 1 bei der streifenweisen Bildabastung erfolgt durch spindelgesteuerte Stereoauswertegeräte wie zum Beispiel dem ZEISS C 8.

Wahlweise kann mit der direkten Ankopplung oder über die Profillinien-Speicherung mit Speicher- und Lesegerät gearbeitet werden.

Im gleichen Arbeitsgang wird mit dem HS-Zusatz ein Höhenschraffenplan erstellt, aus dem sich in einfacher Weise die Schichtlinien ableiten lassen.

**ZEISS** Oberkochen  
West Germany



In Österreich: Vertrieb Optischer Erzeugnisse Ges.m.b.H.  
1096 Wien, Rooseveltplatz 2  
Telefon: 42 36 01, Fernschreiber: (07) 4839



Jetzt noch besser

# PLAN-VARIOGRAPH

ein Gerät zur zeichnerischen Vergrößerung und Verkleinerung von Plänen und Karten auf dem Wege der optischen Projektion

- ① Tischform — horizontale Arbeitsfläche — geringer Platzbedarf
- ② einfache Bedienung — stufenlos durch Handräder — Einstellmaßstab
- ③ gleichmäßig helle Ausleuchtung der Vorlage mit Kaltlicht
- ④ Vergrößerungen und Verkleinerungen bis 6fach (z. B. 2880 auf 500)

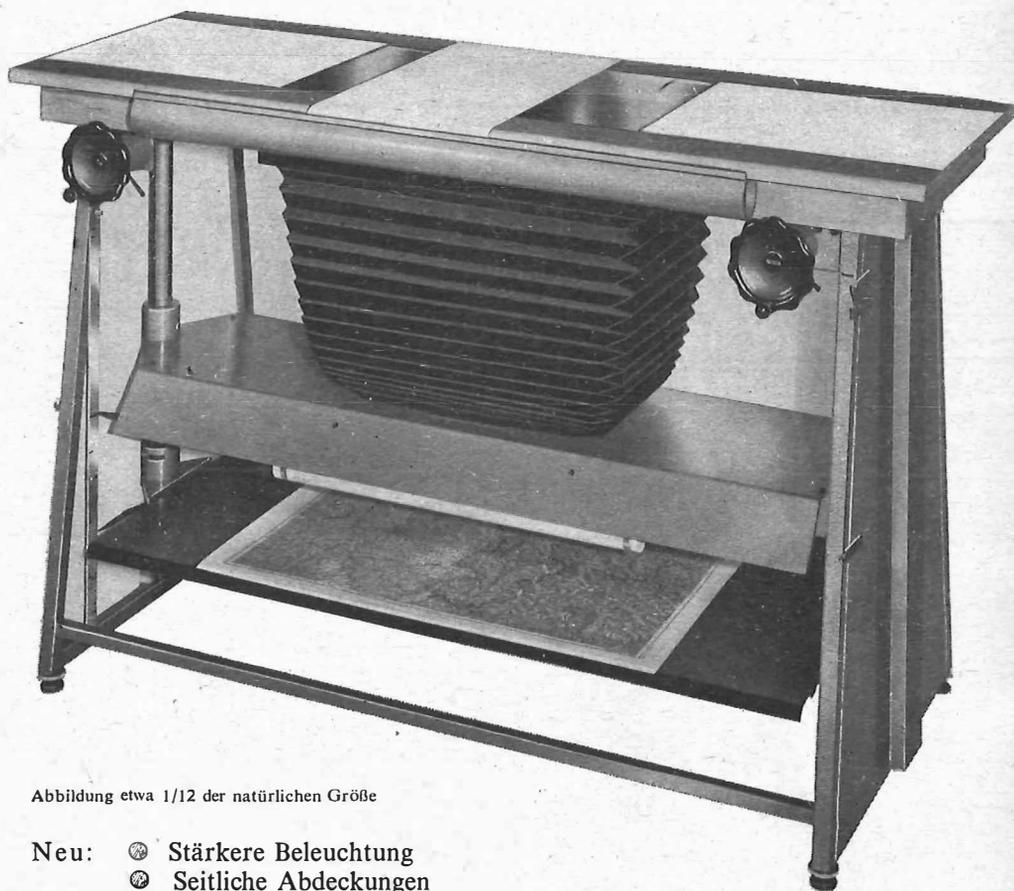


Abbildung etwa 1/12 der natürlichen Größe

- Neu:
- ④ Stärkere Beleuchtung
  - ④ Seitliche Abdeckungen
  - ④ Staub- und Blendschutzvorhang

Auf Wunsch: Andruckplatte für Photopapier — Neigunglibelle  
Einfacher Verschluss für Photoarbeiten — Punktiernikroskop

Angebote und Prospekte direkt vom Erzeuger:

## RUDOLF & AUGUST ROST

Fabrik für Feinmechanik - Instrumente für Vermessungs- und Zeichenbedarf

1151 WIEN XV, MÄRZSTRASSE 7 (Nähe Westbahnhof und Stadthalle)  
TELEFON: (0222) 92 32 31, 92 53 53, TELEGRAMME: GEOROST-WIEN

WIENER MESSE: Messegelände, jetzt Halle M, Stand 1272  
(Eingang Südseite links)