



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

Hans Schmid <sup>1</sup>, Alois Stickler <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technische Hochschule Wien, 1040 Wien, Karlsplatz 13

<sup>2</sup> B. A. für Eich- u. Verm., 1080 Wien, Krotenthallergasse 3

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **56** (3), S. 104–107

1968

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Schmid_VGI_196813,  
Title = {{\U}ber die Genauigkeit der Pa{\ss}punktmessung f{\u}r die  
graphische photogrammetrische Auswertung von Karten und Pl{\a}nen},  
Author = {Schmid, Hans and Stickler, Alois},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {104--107},  
Number = {3},  
Year = {1968},  
Volume = {56}  
}
```



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, Kardanen, 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