



Über spezielle Testanordnungen bei der Prüfung von Stereoauswertegeräten

Hans Bernhard ¹

¹ *B. A. für Eich- u. Verm., 1080 Wien, Krotenthallergasse 3*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **56** (3), S. 74–78

1968

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Bernhard_VGI_196809,  
Title = {{\U}ber spezielle Testanordnungen bei der Pr{\u}fung von  
Stereoauswerteger{\a}ten},  
Author = {Bernhard, Hans},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {74--78},  
Number = {3},  
Year = {1968},  
Volume = {56}  
}
```



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* reproduziert¹⁾.

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 ω , φ und κ 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.

¹⁾ 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 Ω
- b) Modell nur um die Sekundärachse geneigt: Gemeinsame Schwenkung Φ
- c) Modell in allgemeiner Lage: Hier wird neben den Elementen Ω und Φ 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 Ω, Φ 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

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

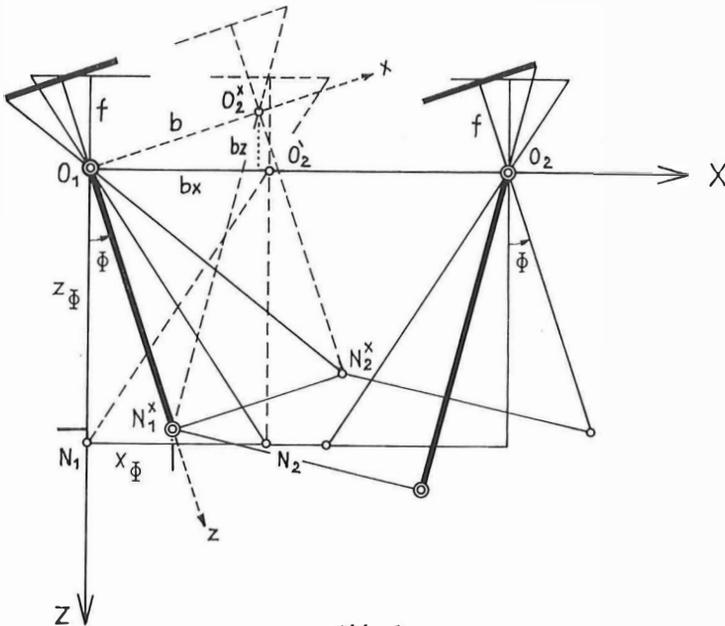


Abb. 1

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 werden²⁾: Der Ursprung beider Koordinatensysteme ist ident mit dem *linken* Projektionszentrum, falls, wie hier, die zu der gemeinsamen Schwenkung Φ 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 Ω , Φ und K die Korrelation

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

besteht (vgl. etwa [6])³⁾.

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.

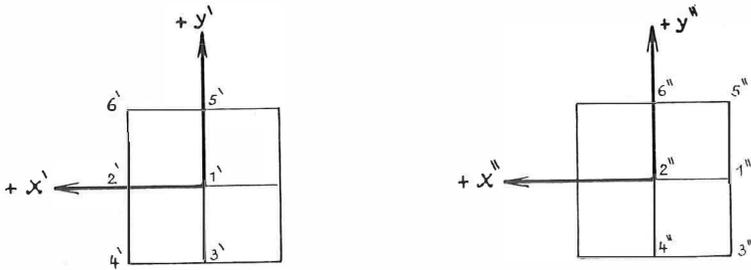


Abb. 2.

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.