

VERMESSUNG VON BAUWERKEN MIT HILFE DER TERRESTRISCHEN PHOTOGRAMMETRIE

Von

I. BLAHÓ

Lehrstuhl für Photogrammetrie,
Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 10. Juni 1969)

Vorgelegt von Prof. Dr. L. HOMORÓDI

I. Aufgabenstellung

Von Wasserbau- und Verkehrsorganen wird oft die Aufgabe gestellt, Bauwerke zu vermessen. Im Auftrag der Staatsdirektion für Wasserwesen jenseits der Theiß hatte auch der Lehrstuhl für Photogrammetrie an der Technischen Universität Budapest eine derartige Aufgabe durchzuführen. Diese bestand in der Vermessung der Brücken über den Fluß Sebes-Körös.

Bauwerke werden in der Regel nach herkömmlichen geodätischen Methoden vermessen. Die Aufgabe läßt sich jedoch auch nach den Verfahren der terrestrischen Photogrammetrie lösen.

Die Photogrammetrie hat zwei grundsätzliche Verfahren, die Doppelbild- oder Raumbildmessung und die Einbildmessung oder ebene Photogrammetrie. Durch Raumbildmessung läßt sich eine höhere Genauigkeit als bei Einbildmessung erzielen. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in der verwickelteren und arbeitsaufwändigeren Durchführung der Aufgabe. Bei der Raumbildmessung ist nämlich ein Bildpaar von Stereowirkung herzustellen. Ein Stereobildpaar kann jedoch lediglich mit Hilfe von speziellen Geräten ausgewertet werden. Hingegen lassen sich allenfalls nach stereophotogrammetrischen Verfahren alle drei Dimension auswerten und darstellen, wie z. B. auf topographischen Karten die Höhenverhältnisse in Form von Schichtenlinien.

Liegt jedoch das Bauwerk, das aufgenommen werden soll, in einer Ebene oder annähernd in einer Ebene, so erübrigt sich die Darstellung der dritten Dimension. In einem solchen Falle ist es zweckmäßiger und einfacher, das weniger arbeitsaufwendige Verfahren der ebenen Photogrammetrie anzuwenden.

Der Anwendung dieses Verfahrens vorangehend ist jedoch zu untersuchen, inwieweit die einzelnen Teile des Objektes in einer Ebene liegen bzw. welche Verzerrung sich aus ihren Abweichungen von der mittleren Bezugsebene ergibt.

Durch den Umstand, daß einzelne Teile des Objekts nicht in derselben Ebene liegen, werden deren Maßstäbe unterschiedlich sein. Die Verzerrung infolge des Abstandsunterschieds (Abb. 1) läßt sich aus dem Ausdruck

$$\Delta r' = \Delta t \cdot \frac{r'}{f}$$

ermitteln, wo

- Δt den Entfernungsunterschied,
- r' die Entfernung des Punktes vom Bildmittelpunkt,
- f die Brennweite

bedeuten.

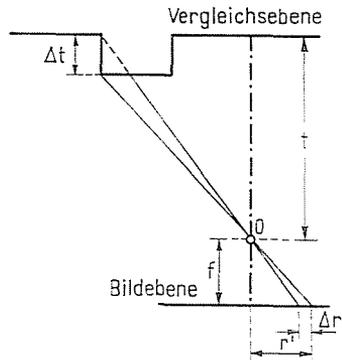


Abb. 1

Aus dem vorstehenden Ausdruck ist zu ersehen, daß bei $r' = 4$ cm, $f = 10$ cm, und $\Delta t = 25$ cm, $\Delta r' = 10$ cm sein wird, was im Maßstab 1 : 200 0,5 mm entspricht. Sollen also die einzelnen Details mit einer Genauigkeit von ± 10 cm bestimmt werden, können die Abstände der Detailpunkte von der allgemeinen Bezugsebene $\pm 0,25$ m betragen.

Weil der Auftraggeber von den Brücken Seitenansichten wünschte, und bei Brücken die Konstruktionsteile in Seitenansicht fast in einer Ebene liegen, entschieden wir uns für die Anwendung der ebenen Photogrammetrie.

2. Wahl, Bezeichnung und Bestimmung der Paßpunkte

Die Entzerrung der Bilder erfolgt mit Hilfe von Paßpunkten. Als solche können lediglich Punkte verwendet werden, die sich auf der photographischen Aufnahme eindeutig identifizieren lassen, punktartig abgebildet und leicht vermeßbar sind. Bei Brücken bieten sich als solche Punkte die Kreuzungspunkte von Konstruktionsteilen, die Eckpunkte des Brückengeländers usw. Wo solche Punkte nicht vorhanden waren, wurden Markierungen angebracht. Diese bestanden aus auf Kartonblätter gezeichneten Kreisen mit einem Halbmesser von 7 bis 10 cm, die vor dem Photographieren aufgeklebt wurden. Es läßt

sich jedoch auch vorstellen, daß man die Zeichen mit Ölfarbe z. B. auf die Pfeiler aufträgt. Da es am günstigsten ist, wenn sich die Paßpunkte in der Nähe der Eckpunkte des Bildes befinden, können zweckmäßigerweise auch Fluchstäbe aufgestellt und die Zeichen an den Spitzen angebracht werden.

Zur Entzerrung eines Bildes sind in der Regel 4 Paßpunkte erforderlich. Durch die Verwendung von anderen geometrischen Zusammenhängen bei der Entzerrung läßt sich diese Zahl auf 2 herabsetzen. Derartige Zusammenhänge sind z. B. Parallelität, Perpendikularität, oder Vertikalität einzelner Details.

Der Abstand der Paßpunkte voneinander wird mit Hilfe eines Meßbandes gemessen, der Höhenunterschied bzw. die absolute Höhenlage durch geometrische Höhenmessung ermittelt.

3. Herstellung der Aufnahmen

Die Bilder wurden mit einer ZEISS-IKON-Kamera mit den Bildabmessungen 6×9 cm und einer Brennweite von 10,5 cm aufgenommen. Da der Auftraggeber Entzerrungen im Maßstab 1 : 200 wünschte, wurden die Auf-

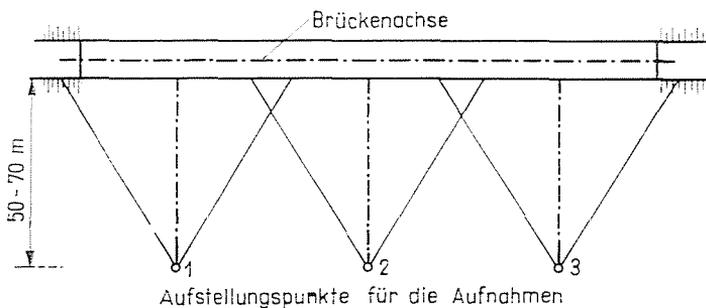


Abb. 2

nahmen so gemacht, daß der Maßstab der Negative etwa 1 : 500 — 1 : 700 beträgt. In diesem Falle hat man ein 2,5— bis 3,5faches Vergrößerungsverhältnis, was photographisch sehr günstig ist, weil die Vergrößerung noch nicht körnig wird.

Um Bilder in diesem Maßstab zu erhalten, mußten die Standpunkte in einer Entfernung von etwa 50 bis 70 m von der Brücke gewählt werden. Die nützliche Bildlänge betrug 30 bis 35 m, von den durchschnittlich 100 m langen Brücken mußten also Bilderreihen, bestehend aus 3 bis 4 Bildern, angefertigt werden.

Die Bilder wurden mit Überdeckung aufgenommen, zu deren Bestimmung man sich der Paßpunkte bediente.

Die Standpunkte befanden sich in Abständen von etwa 30 m voneinander. Die Abstände wurden nicht gemessen, nur die Gerade der Basispunkte wurde auf der Dammkrone in beiden Richtungen abgesteckt (Abb. 2).

Die Aufnahmen wurden von einem Stativ und mit Blendenöffnungen von $1/11$ bis $1/16$ gemacht. Die Expositionsdauer betrug $1/25$ sec. Die Vertikalität der Bildebene wurde durch eine auf die Kamera aufgesetzte Dosenlibelle sichergestellt.

4. Bildentzerrung

Zur Bildentzerrung bedienten wir uns eines Entzerrergeräts SEG V. Auf die Entzerrungs-Grundplatte wurde vorangehend das auch in der Abbil-

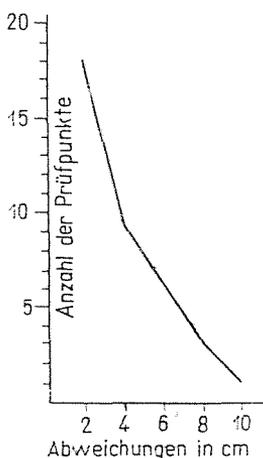


Abb. 3

dung sichtbare Netz aufgezeichnet, sodann wurden die Paßpunkte im Maßstab $1:200$ aufgetragen. Auf dem Negativ wurden die Paßpunkte ausgestochen, sodann wurde mit Hilfe der erwähnten geometrischen Zusammenhänge die Entzerrung durchgeführt. Darauffolgend wurden das auf eine Astralonplatte gezeichnete 1×1 cm-Netz angepaßt und die lichtempfindliche Korrektostatplatte darunter angebracht. Die Teile der lichtempfindlichen Platte, auf die das nächste Bild kommen sollte, wurden abgedeckt. Nach Exposition des ersten Bildes wurde die zweite Aufnahme in den Anlegerahmen gesetzt, und nachdem lediglich die Fläche des zweiten Bildes freigegeben wurde und die oben beschriebenen Arbeiten erledigt waren, wurde die Belichtung durchgeführt. Die lichtempfindliche Platte entwickelten wir erst nach der Exposition einer Gesamtreihe.

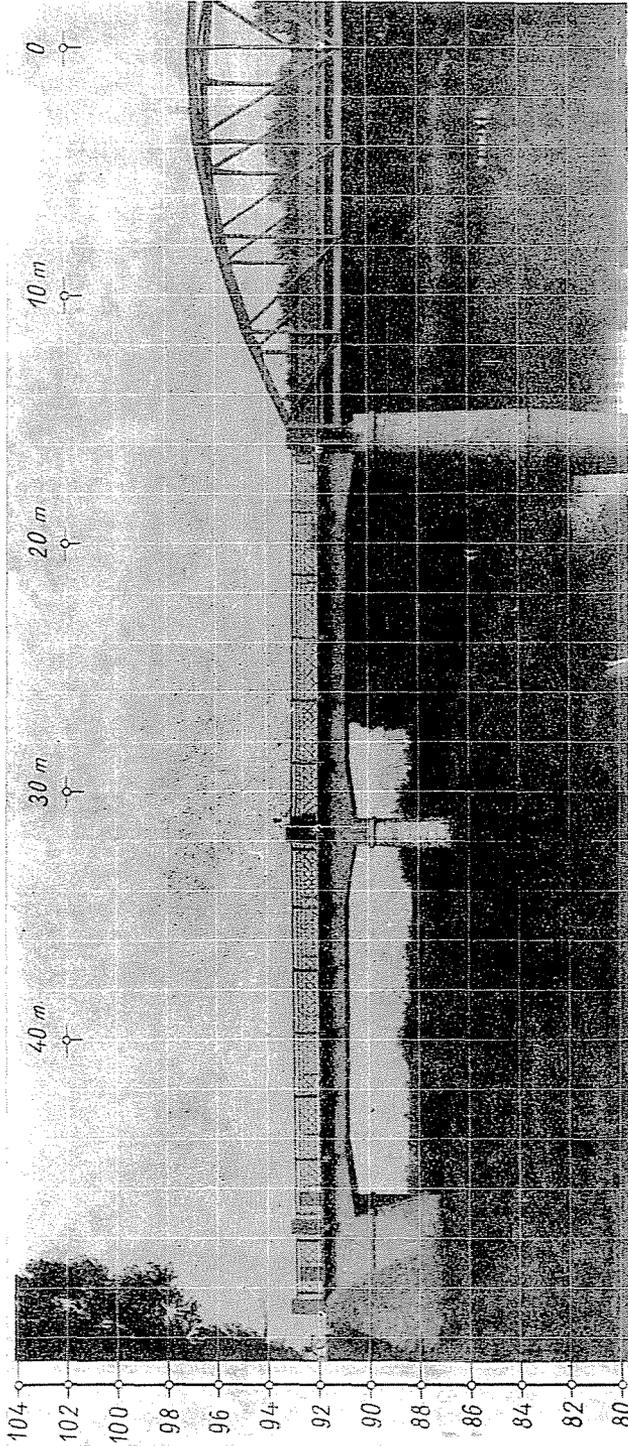


Abb. 4 Straßenbrücke Szeghalom. Höhen über dem Adriatischen Meer

5. Ergebnisse der Genauigkeitsprüfung

Auf den sechs Brücken wurden außer den Paßpunkten weitere 37 Punkte vermessen. Aufgrund der untersuchten Punkte wurden folgende Abweichungen festgestellt:

eine Abweichung unter	2 cm zeigte sich bei	18 Punkten
eine Abweichung von	4 cm zeigte sich bei	9 Punkten
eine Abweichung von	6 cm zeigte sich bei	6 Punkten
eine Abweichung von	8 cm zeigte sich bei	3 Punkten
eine Abweichung von	10 cm zeigte sich bei	1 Punkt.

Aufgrund der Abweichungen wurde Abb. 3 konstruiert, in der die Fehlergrößen in Abhängigkeit von der Häufigkeit darstellt sind. Auch der mittlere quadratische Fehler der Detailpunkte wurde aufgrund der Kontrollpunkte ermittelt, für diesen ergab sich ein Wert von $\pm 4,5$ cm. Dieses Ergebnis beweist, daß die Genauigkeit der ebenen terrestrischen Photogrammetrie jener einer tachymetrischen Aufnahme gleichkommt. Erstere hat jedoch den Vorteil des rascheren Verfahrens. Erfahrungsgemäß erforderten die Arbeiten auf dem Gelände zur Vermessung einer Brücke (Anbringen der Paßpunkte, Nivellement, Messung und photographische Aufnahme) 4 bis 5 Stunden. Durch diesen Umstand und die Genauigkeitsangaben erscheint es erwiesen, daß es zweckmäßig ist, bei derartigen Arbeiten das photogrammetrische Verfahren anzuwenden.

Zusammenfassung

Am Lehrstuhl für Photogrammetrie wurde im Rahmen der Versuchsarbeit die Vermessung von Brücken nach dem Verfahren der terrestrischen ebenen Photogrammetrie durchgeführt. Die Bilder wurden mit einer ZEISS-IKON-Kamera mit den Bildabmessungen $6 \times 9/10$ cm aufgenommen. Zur Bildentzerrung bediente sich der Verfasser eines Entzerrungsgeräts SEG V, bei vorangehend bezeichneten Paßpunkten. Auf die Entzerrungs-Grundplatte wurde auf photographischem Wege ein — in der Achsenlinie bzw. in der Höhe über Meeresspiegel der Brücke angeordnetes 1×1 cm-Netz aufgebracht. Der mittlere Fehler der mit Hilfe des Netzes ermittelbaren Detailpunkte ergab sich aufgrund von 37 Kontrollmessungen zu $\pm 4,5$ cm. Diese Genauigkeit und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sprechen für die Anwendung des photogrammetrischen Verfahrens.

Oberassistent Imre BLAHÓ, Budapest XI., Műgyetem-rkp. 3. Ungarn