

XIV. Internationaler Kongress der I.G.P. - Hamburg 1980 .

Kommission V/5. Freiwilliges Referat. V. R. Bulgarien

Die Photoperspektivzeichnung als Mittel für eine objektive
Projektierung von Architektur- und Bauprojekten.

Dipl.Ing. Slaweyko Gaitandjiew - HSAB - Sofia

1. Zusammenfassung.

Der Gebrauch der photogrammetrischen Geräten machte die Anwendung der Terrestrischen- und Luftbildphotogrammetrie für den rückwertigen Vorgang der Auswertung von Projekten in der Architektur und dem Bauwesen auf perspektiven Terrestrischen- und Luftbildstereoaufnahmen möglich. Als Produkt des Verfahrens können die Bauprojektzeichnungen in verschiedenen Rissebenen ausgewertet, die Stereodialichtbilder des Projektes für räumlicher Lichtbildvorführung produziert, das Bauprojekt in Orthophotos differential entzerzt u.s.w. Ein hoher Grad der Automatisierung von vielen aufwändigen Rechen vorgängen bei der Projektierung ist erreicht. Für das Ziel sind einigen Zusatzgeräten vorgeschlagen.

2. Allgemeines.

Die Zeichnung von einem Bau wird oft perspektiv auf Photos aufgetragen. Das übliche Verfahren der Einbild- und Zweibildphotogrammetrie, das bei der perspektiven Darstellung von Bauprojekten Anwendung findet, entspricht der freien Perspektive, die eine breite Anwendung in der Architektur hat und sich mit der gewöhnlichen perspektiven Einbildzeichnung befriedigt (1). In dieser Hinsicht können die umfangreiche Möglichkeiten der Photogrammetrie weiter bessere Anwendung finden. Gleichzeitig werden neue Verfahren zu instrumentellen Darstellung des Bauprojektes entwickelt (2). In den heutigen Tagen, der Entwicklung der Elektronkartieranlagen, ist die Photoperspektivzeichnung ein Mittel der Darstellung von verschiedenen räumlichen Objekten und dient gleichzeitig für die dimensionierte Auftragung ihrer Zeichnung in einen bestimmten Raum-, Gebiets- oder Umfangsbild. (3)

3. Zum Problem.

Die beschränkten Möglichkeiten des durch Rechenptogramm digitalgesteuerten Zeichentisches, verschiedene Aufrisse, Grundrisse und Perspektivzeichnungen zu zeichnen, sind weitgehend durch die Anwendung von einem photogrammetrischen Auswertegerät überwiegend erweitert. Es ist einmal die Möglichkeit vorhanden durch terrestrische Aufnahmen Gebäuden, Brücken, Dämme und andere mittels Geländemodells auf den Zeichentisch der Gerätes zu projektieren und durch die Luftbild photogrammetrie Autobahnen, Landstrassen, Verkehrsanlagen, Bewässerungskanäle und andere durch Abmessungen auf dem Geländemodell, wieder auf den Zeichentisch zu projektieren, andersmal ist die Möglichkeit vorhanden über dem Geländemodell alle diese massstäblichen ausgewerteten Grundriss- und Aufrissprojekten auf den Stereoperspektivgraph im Stereoperspektivauswertungen zu geben (4). Dieses Zusatzgerät ist überwiegend auf Analogauswertegeräten mit mechanischer Projektion, entsprechend modifiziert, anzubauen, während bei den anderen Geräten mit optischer, optischmechanischer Projektion und die Analytische Auswertegeräte zusätzlichen passenden Änderungen an dem Zusatzgerät nötig sind. Durch räumliche, instrumentele Projektierung und Modellierung von Bauten werden graphische, stereophotographische und digitale Bauprojekte dargestellt. Auf schon vorhandene Projektzeichnungen vom neuen Bau können im Stereomodell äussere Änderungen unternommen werden. Sie werden graphisch, stereophotographisch oder digital aufgetragen. Die drei Koordinatenwerte, der äussere und auch innere Abmessungen des Baus, abgelesen vom Stereomodell auf die Digitalzähler des photogrammetrischen analogen Gerätes, werden in passenden einheitlichen Koordinatensystem durch Passpunkteinschaltung transformiert. Dadurch können wertvolle Daten und Information über den Raumumfang von einem Objekt, das im Baugelände liegt, gewonnen werden. In diesem Fall kann die Photogrammetrie gute Hilfe bei der Projektierung des neuen Baus leisten.

Durch Terrestrischestereoaufnahmen von einem Baugelände ist es möglich unmittelbar mit dem analogen Auswertegerät

den massstäblichen Plan der Aussenwände des Gebäudes im Auf-
riss zu projektieren und auf dem Gerätezeichentisch auszu-
werten, gleichzeitig durch den rückwertigen Auswertevorgang
werden die Stereoperspektiven der Aussenwand ausgewertet.
Somit werden eigentlich die Projektierung, die massstäbliche
Planzeichnung und die stereoperspektive Zeichnung einer Ge-
bäudewand, ins gesamt drei Vorgänge vollbracht.

Durch einen analogen Vorgang auf Stereoluftbilder können
Landstrassen und andere Linienobjekte im Grundriss projek-
tiert werden. Unmittelbar durch den rückwärtigen photogram-
metrischen Auswertevorgang wird das Objekt in zwei Stereo-
perspektiven gezeichnet. In diesem Fall haben wir zwei Vor-
gänge (4).

4. Mathematische Seite des Problems.

Ein Beispiel der Lösung der Aufgabe bei den Luftbilder
erfolgt durch den rationellen konstruktiven Bau des analogen
photogrammetrischen Gerätes mit Rissebenen T o p o c a r t
(5). Es hat diese Möglichkeit der Weiterentwicklung durch
die Baukastenart in Verbindung mit den Zusatzgeräten gegeben
Dadurch ist ein hoher Grad der Automatisierung von vielen
aufwändigen Rechenvorgängen bei der Projektierung erreicht.
Die beiden Analogrechner vom Auswertegerät T o p o c a r t
geben die strenge Lösung der perspektiven Bildkoordinaten
durch die Einführung der räumlichen Modellkoordinaten. Die
Analogrechner sind für die Lösung der folgenden Formeln für
die Bildkoordinaten geeignet:

$$x' = c_k \cdot \text{tang} (\alpha - \varphi - \delta) \quad /1/$$

$$y' = c_k \cdot \text{tang} (\beta - \xi - \omega) \quad /2/$$

$$\text{tang} \xi = \frac{y (z \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) - yz}{z (z \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) + y^2} \quad /3/$$

$$\text{tang} \delta = \frac{(x \cos \varphi - z \sin \varphi) [(z \cos \varphi + x \sin \varphi) \cos \omega + y \sin \omega - (x \sin \varphi + z \cos \varphi)]}{(z \cos \varphi + x \sin \varphi) [(z \cos \varphi + x \sin \varphi) \cos \omega + y \sin \omega] + (x \cos \varphi - z \sin \varphi)^2} \quad /4/$$

Hierbei wird für $\text{tang} \alpha = \frac{x}{z}$ und für $\text{tang} \beta = \frac{y}{z}$ gesetzt.
Durch Zusammenfassung der Gleichungen /1/, /2/, /3/ und /4/
und explizite Darstellung von x und y können die Formeln

für die Modellkoordinaten gefunden werden

$$x = \frac{(c_k \cdot \cos\omega - y' \cdot \sin\omega) \sin\psi + x' \cdot \cos\psi}{(c_k \cdot \cos\omega - y' \cdot \sin\omega) \cos\psi - x' \cdot \sin\psi} z \quad /5/$$

$$y = \frac{y' \cdot \cos\omega + c_k \cdot \sin\omega}{(c_k \cdot \cos\omega - y' \cdot \sin\omega) \cos\psi - x' \cdot \sin\psi} z \quad /6/$$

Das ist die Begründung vom Übergang der kontinuierlichen Ablesung der Raumkoordinaten aus der Rissebene des Bauprojektes auf dem Gerätezeichentisch zur kontinuierlichen Wiedergabe der perspektiven Bildkoordinaten durch den Stereoperspektivograph am Topocart.

Aus der Praxis und aus mehreren Abhandlungen ausgehend ist die Anwendung der terrestrischen Photogrammetrie bei der Hochbauprojektierung und die Luftbildphotogrammetrie bei der Tiefbauprojektierung als rationell bestätigt worden.

Die Stereoperspektive ist ein neuer Schritt zur Darstellung von Bauprojekten auf Stereobilder bei der Bauprojektierung. Gleichzeitig ist eine Vorführung von Stereolichtbilder möglich.

In dieser Hinsicht, wenn man die beiden Teilbilder und perspektiven Zeichnungen bei einem terrestrischen Normalfall des Stereobildpaares betrachtet, sind für die Bildkoordinaten von einem Projektpunkt des linken und rechten Bildes folgende Beziehungen vorhanden:

$$x' = \frac{X_L \cdot p_x}{B} ; \quad p_x = \frac{B \cdot f}{Y_L} ; \quad z' = \frac{Z_L \cdot p_x}{B} ; \quad /7/$$

$$x'' = \frac{X_R \cdot p_x}{B} ; \quad p_x = \frac{B \cdot f}{Y_R} ; \quad z'' = \frac{Z_R \cdot p_x}{B} ; \quad /8/$$

bei $Y_L = Y_R$ wo

X_L, Y_L, Z_L die Modellkoordinaten gemessen vom linken Aufnahmestandpunkt,

X_R, Y_R, Z_R die Modellkoordinaten gemessen vom rechten Aufnahmestandpunkt,

x', z', p_x Bildkoordinaten und x-Paralax im linken Bild.

x'', z'', p_x Bildkoordinaten und x-Paralax im rechten Bild.

Wendet man auf /7/ und /8/ das Fehlerfortpflanzungsgesetz an, so erhält man für den Punkt im linken Bild die Fehler

$$m_{p_x} = \pm \sqrt{\left(\frac{B}{Y_L}\right)^2 m_f^2 + \left(\frac{f}{Y_L}\right)^2 m_B^2 + \left(\frac{B \cdot f}{Y_L^2}\right)^2 m_y^2}$$

$$m_{x'} = \pm \sqrt{\left(\frac{X_L}{B}\right)^2 m_{p_x}^2 + \left(\frac{p_x}{B}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{X_L \cdot p_x}{B^2}\right)^2 m_B^2} \quad /9/$$

$$m_{z'} = \pm \sqrt{\left(\frac{Z_L}{B}\right)^2 m_{p_x}^2 + \left(\frac{p_x}{B}\right)^2 m_z^2 + \left(\frac{Z_L \cdot p_x}{B^2}\right)^2 m_B^2}$$

und für den gleichen Punkt im rechten Bild die Fehler

$$m_{p_x''} = \pm \sqrt{\left(\frac{B}{Y_R}\right)^2 m_f^2 + \left(\frac{f}{Y_R}\right)^2 m_B^2 + \left(\frac{B \cdot f}{Y_R^2}\right)^2 m_y^2}$$

$$m_{x''} = \pm \sqrt{\left(\frac{X_R}{B}\right)^2 m_{p_x}^2 + \left(\frac{p_x}{B}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{X_R \cdot p_x}{B^2}\right)^2 m_B^2} \quad /10/$$

$$m_{z''} = \pm \sqrt{\left(\frac{Z_R}{B}\right)^2 m_{p_x}^2 + \left(\frac{p_x}{B}\right)^2 m_z^2 + \left(\frac{Z_R \cdot p_x}{B^2}\right)^2 m_B^2}$$

Aus /9/ und /10/ ist es ersichtlich, dass sich die Fehler der Modellkoordinaten Y_L und Y_R und der Basis "B" um eine Potenz weniger stark auswirken.

Die Fehler werden beeinflusst vom Verhältnis zwischen Modellmassstab und dem Kartenmassstab, welches günstiger zur Fehlereinschränkung, durch die Wahl des grösseren Kartenmassstabes ist.

5. Geräteausstattung.

Dank der Anwendung des Gerätes *T e c h n o c a r t*, ist umfangreiche Anwendung verschiedener Aufnahmekammern vorhanden (6). Das Hauptziel sind stereoperspektive Aufnahmezeichnungen. Deshalb ist es günstig grossmassstäbliche Aufnahmen zu machen. Ebenso ist es zweckmässig für entfernte Objekte Aufnahmekammern mit grösseren Kammerkonstanten zu wählen und bei nahen Objekten photogrammetrische Kammern mit kürzeren Kammerkonstanten und grösseren Umfang anzuwenden. Für die terrestrische Photogrammetrie sind die bekannten terrestrischen Kammern, Universalkammern und Stereomesskammern von

Zeiss Jena - Phototheo 19/1318, UMK 10/1318, SMK 5,5/0808, von Opton - TMK 6, TMK 12, SMK 40, SMK 120, von Wild - Phototheodolit P 30, TUK P 31(45, 100, 200), TK P 32, C 120, C 40 für die verschiedenen Grössen und Entfernungen des Objektes gut geeignet. In der Luftbildphotogrammetrie sind die Kamern von UdSSR - AFA-TE, AFA-41, AFA-TEU, AFA-TES, von Zeiss Jena-MRB 30, MRB 15, MRB 9, von Opton - RMK A 60, RMK A 30, RMK A 21, RMK A 15, RMK A 8,5 von Wild - RC 10 mit 5 austauschbare Objektivstutzen mit verschiedenen Kammerkonstanten bekannt, die der Anwendung für verschiedener Kartenmassstäbe entsprechen.

Für die Photoperspektivzeichnung werden ausser dem analogen Gerät in verschiedenen Fällen auch zusätzliche Geräte angewandt. So wird bei der Projektierung von Aussenwänden bei Gebäuden und bei Landstrassentrassen die konventionellen analogen Auswertungsgeräte angewandt und nach allen vorhandenen Verfahren die nötigen Messungen und Pläne ausgearbeitet. Für eine weitere Repräsentierung des Projektes an Stelle der manuellen perspektiven Zeichnungen des Baues, kann auf photogrammetrischen Aufnahmen in seiner wirklichen Grösse, Lage und Umgebung stereoperspektiv aufgetragen werden. Dafür dient der Stereoperspektivigraph als Ergänzung am analogen Gerät angebaut. Das Zusatzgerät wurde in dem Lehrstuhl für Photogrammetrie und Kartographie bei der Hochschule für Architektur und Bauwesen in Sofia konstruiert. Der Stereoperspektivigraph kann mono und stereo angewendet werden. Um die verschiedenen Perspektiven zu erreichen ist die Anwendung am Zeichentisch von dem Einstellungsprojektor oder dem Profiloskop PR1 nötig. Die völlige Automatisierung des stereoperspektiven Zeichenvorganges ist durch den Höheninterpolator erlangt.

6. Die Anwendung.

Die Ausstattung am analogen Gerät erlaubt von dem Stereobildpaar gleichzeitige unmittelbare Stereoperspektiven graphisch auszuwerten. Zu diesem Zweck werden numerische Daten durch die Digitalzähler am Gerät eingeführt, oder vom graphischen Grundrissprojekt am Zeichentisch durch die X, Y und Z

Antriebe abgeleitet. Wie schon erwähnt kann am Gerät die Neuprojektierung des Baues unmittelbar gemacht werden, oder man kann vom fertigen Projekt der Grundriss- und Aufrisszeichnungen nur für die Stereoperspektivezeichnung ausnützen.

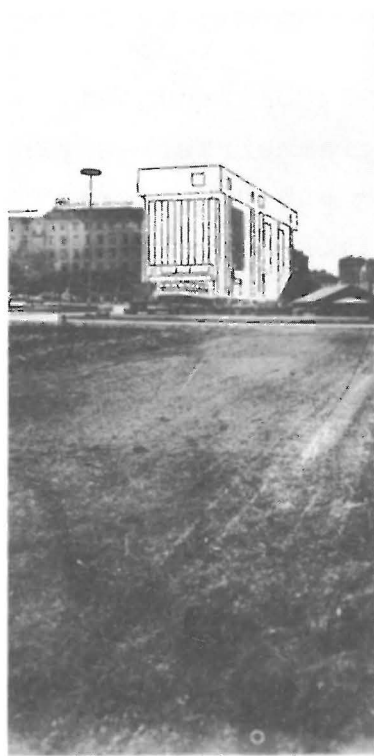
Die Auftragung der Perspektive kann man in Positiv und Negativverfahren machen. Die Gravurtechnik hat sich als günstigste erwiesen, wobei die Ansprüche zur Gravurschicht und Gravurnadel vom hohen Grade sind. Die kleinmassstäblichen Zeichnungen erlauben keine wesentlichen manuellen Korekturen und Verbesserungen, welches den genauen völlig instrumentellen Bearbeitung entspricht. Die Stereopaarzeichnungen dienen als Original für weitere Zusammensetzungen mit dem Stereobildpaar am Gerät Interpretoskop. Für diesen Zweck sind mehrere photographische Reproduktionsverfahren anzuwenden. Für den weiteren Gebrauch der Stereoperspektivzeichnungen vom Bauprojekt, wegen der Bewahrung der geometrischen Beziehungen der einzelnen Aufnahmen, durch das Kontaktverfahren bei der Bearbeitung der Aufnahmen, sind weitere dimensionierte stereophotogrammetrische Produkte erreichbar. An erster Stelle ist eine Stereolichtbildvorführung durch das Polarisierungsverfahren möglich. Bei diesem vom Dr. W. Petrunov aus Sofia vorgeschlagenen Verfahren ist eine echte räumliche Betrachtung der Stereolichtbildvorführung vom Bauprojekt für den Zuschauer erreicht. Zur Verkleinerung des Aufnahmepaares mit den stereoperspektiven Bildzeichnungen in dem Format für den Diaprojektor, die in dem Fall angewendet wurden, ist das Umbildeggerät UG-1 angewandt. Nach diesem Verfahren wird die Stereolichtbildvorführung auf einen mattkornierter Glasekran vorgeführt. Die Anzahl der Beteiligten bei der stereoskopischen Betrachtung und Diskussion über das Bauprojekt kann auf 10 - 20 Personen steigen. Dadurch kann man die beschränkte Anaglyphen- und Multiplexverfahren und Spiegelstereoskopmethode zur individuellen stereoskopischen Betrachtung von Gelände und Bauprojekten ersetzen.

Bei der Luftbildprojektierung von Bauten sind andere Verhältnisse vorhanden, die uns auch andere Möglichkeiten anbieten. Die stereoperspektive Bauprojektzeichnungen können

durch gleichzeitige Auswertung der Projektgeländeschichtlinien, die räumlichen Verhältnisse des künftigen Baues darstellen. Die Dimensionierung der Bauobjekte in der Perspektive ist durch aufgetragene Indexe erfüllbar. Als nächstes Bereich der Zusammensetzung der Perspektiven mit den Luftbildern ist deren differenzielle Entzerrung. Diese Möglichkeit der direkten Auswertung der Bauprojekte auf die Orthophotokarte kürzt aufwändige Arbeitsvorgänge bei der Architektur- und Bauprojektierung ab. Nach diesen Verfahren können mehrere Varianten durch mechanisierte Vorbereitung für günstige gesamt betrachtungen und Besprechungen der Bauprojekten zur Verfügung gegeben werden, welches völlig der Variantenprojektierung entspricht. Hier kommt das Problem vor, den Projektanten mit den photogrammetrischen Auswertungs- und Projektierungsverfahren vertraut zumachen.

Weitere experimentelle Arbeiten werden zur Vervollkommnung des Verfahrens und zur Verbreitung deren Anwendung führen.

Im folgenden Stereozeichnungen ist ein Beispiel der Projektierung eines Gebäudes durch die terrestrische Stereophotoperspektive dargestellt.



7. Literaturverzeichnis.

- (1) H. Ettl - Die exakte Darstellung eines Projektes im Messbild. Österreichische Ingenieur - Zeitschrift. H.4/1972
- (2) Z. Györke, F. Karsay - Die genaue Darstellung von geplanten Gebäuden auf Photos. Jener Rundschau. Heft 3/1972
- (3) Iv. Hayduschky, S. Gaitandjief, Iv. Ivanov, L. Pavlova - Die stereophotogrammetrischen genauen Projektzeichnungen von Architektur- und Bauobjekten auf Aufnahmen. Nationale wissenschaftlich-technische Konferenz "Aktuelle Fragen der Photogrammetrie" Sofia 1975. Vortragsband S.87-98.
- (4) S. Gaitandjief - Photogrammetrische instrumentale Darstellung von Hoch- und Tiefbauprojekten. Geodätische und Kartographische Tage 1978. T.U. Dresden. Kurzfassungen Arbeitsgruppe 2.
- (5) Topographisches Auswertegerät - Topocart B
Gebrauchsanleitung - VEB-Carl Zeiss-Jena
- (6) Terrestrisches Stereokartiergerät - Technocart
Gebrauchsanleitung - VEB-Carl Zeiss-Jena