

Ein praktisches Beispiel zur Nahbereichsluftbild-  
photogrammetrie  
Alfons Meid  
Kay Uwe Hansch  
Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn  
Germany (FRG)  
Commission NR.: V/2

### 1. Vorhaben

Vom innerstädtisch liegenden, etwa 150 000 m<sup>2</sup> großen Gelände um das Nationalheiligtum Sri Dalada Maligawa, dem Tempel des Zahns, in Kandy, Sri Lanka, wurde ein Lageplan im Maßstab 1:500 (Abb.1) erstellt. Der Plan steht im Zusammenhang einer Dokumentation des

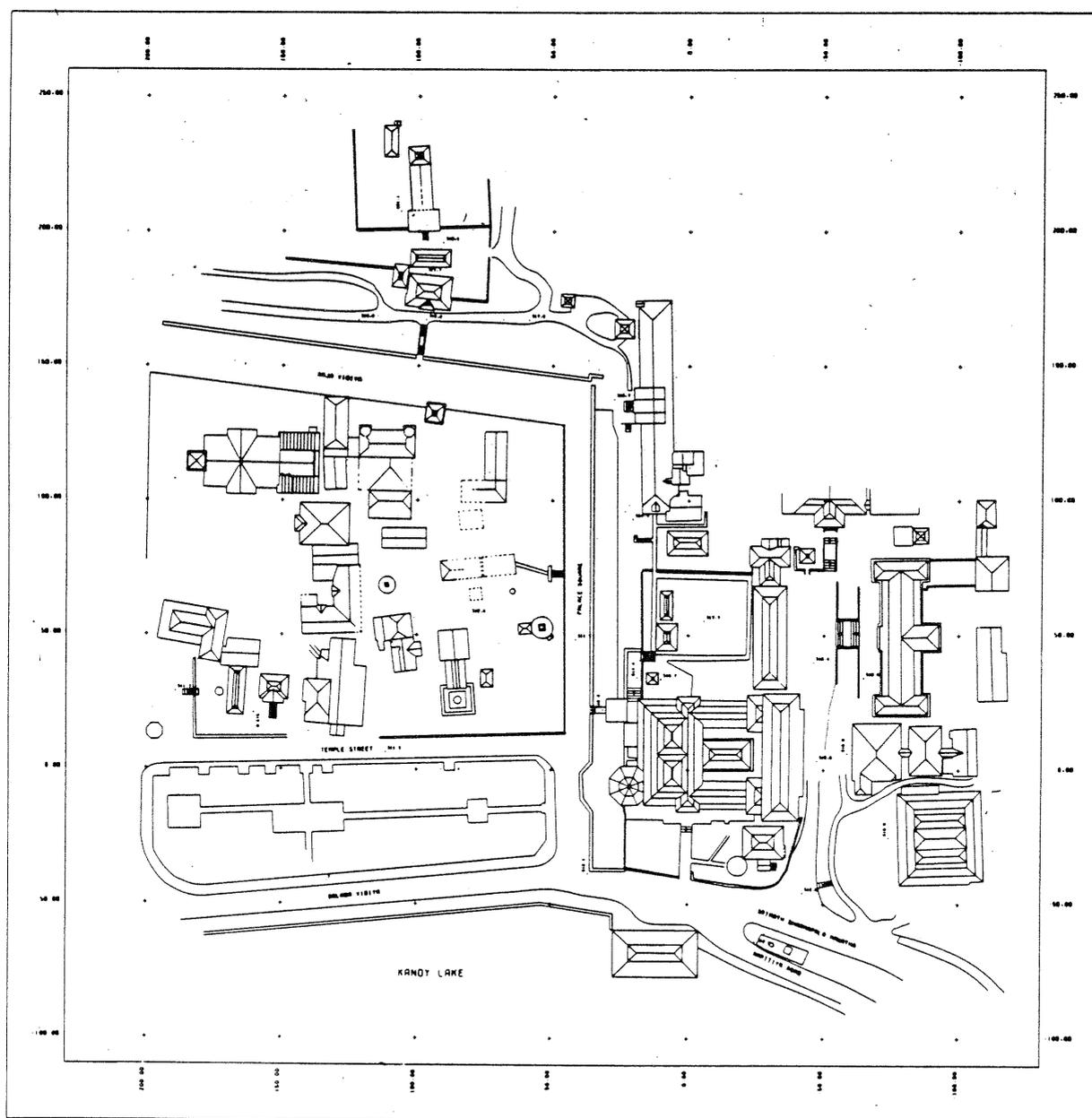


Abb.1 Übersichtsplan vom Gebiet um den Zahntempel  
(Mit Genehmigung des Deutschen Archäologischen Instituts.)

Deutschen Archäologischen Instituts (Kommission für Allgemeine und Vergleichende Archäologie) in Bonn über buddhistische Tempel- und Klosteranlagen in Kandy.

Zeit und Aufwand sollten für die Planerstellung möglichst gering gehalten werden. Die schnellste Informationsgewinnung vor Ort war eine Befliegung des Gebiets. Für die Verwendung eines üblichen Bildflugzeugs war die Fläche zu klein, außerdem mußte tief geflogen werden, um mit der Mittelformatkamera ROLLEIFLEX SLX RESEAU (121) einen ausreichend großen Aufnahmemaßstab zu erzielen (s. Abb.2 und 3). Freihandaufnahmen aus einem Hub-schrauber ließen daher günstige praktische Voraussetzungen erwarten.

## 2. Befliegung

Eine angestrebte 70% Längsüberdeckung in den Flugstreifen wurde

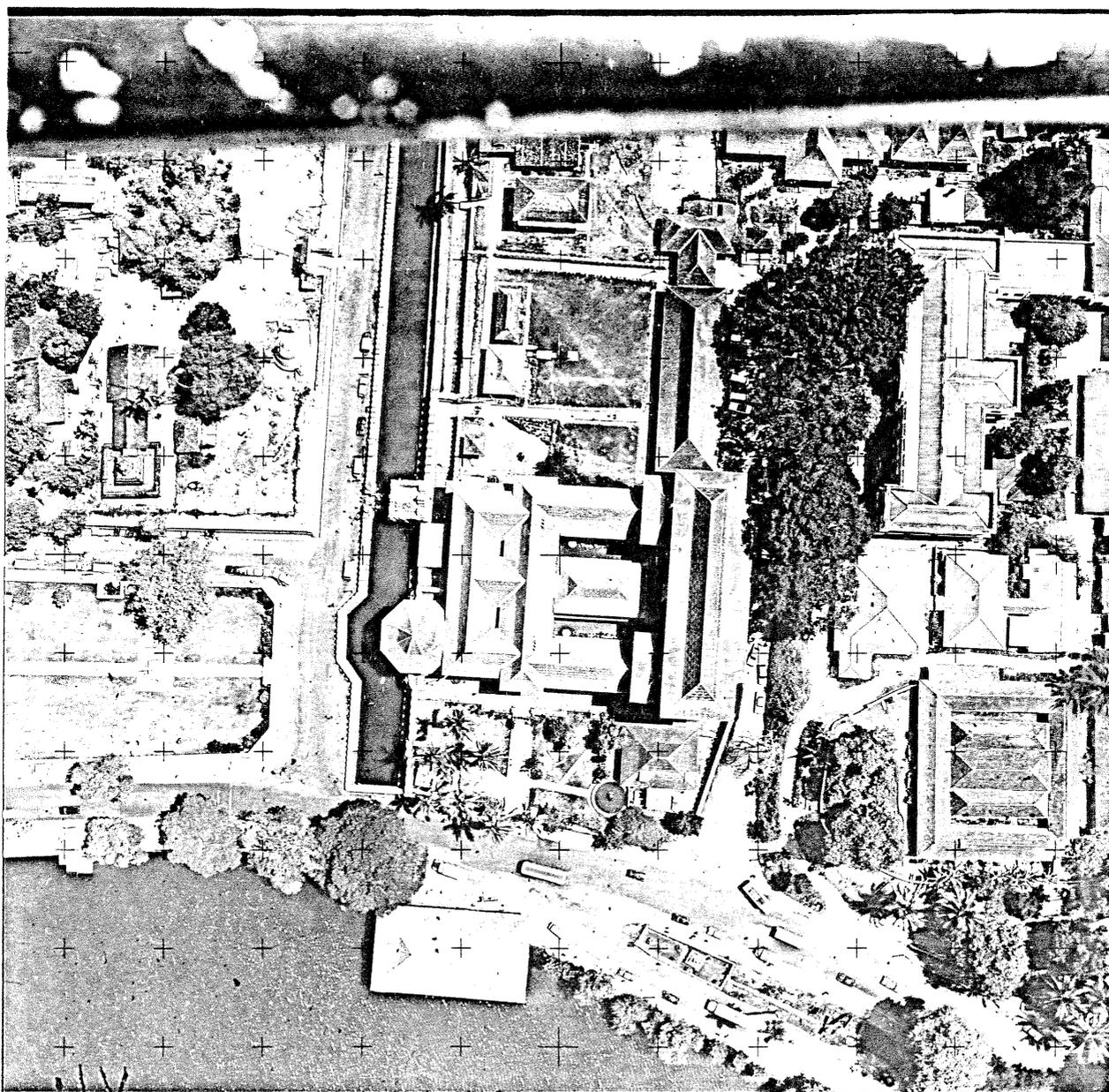


Abb.2 Rolleiflexaufnahme vom Gebiet um den Zahntempel  
Aufnahmemaßstab 1:4400

erreicht, indem so langsam geflogen wurde, daß der angeseilte, sich hinauslehrende Photograph den richtigen Moment der Einzelauslösung bequem abschätzen konnte. Ein Aufsatzprisma machte das Objektfeld in Aufnahmerichtung sichtbar, so daß die Nardirdistanzen leicht unter  $5^{\circ}$  gehalten werden konnten (vgl. WALDHÄUSL et al. /3/). Zudem erbrachte die Blendenautomatik der ROLLEIFLEX die richtige Belichtung bei einer fest eingestellten Belichtungszeit von  $1/500$  Sekunde.

Im Hin- und Rückflug wurden drei Streifen zu je zwölf Aufnahmen geflogen. Ein Pensum, das in drei verschiedenen Flughöhen absolviert wurde: in 250m, in 300m und in 350m über Grund. Dies ergab Bildmaßstäbe zwischen 1:3100 und 1:4400 (Abb.2 und 3). Die für die Auswertung ausgewählten Modelle hatten Basisverhältnisse zwischen 1:5 und 1:8. Die Bildbegrenzungen der dafür verwendeten Einzelaufnahmen sind in Abb.4 erkennbar.

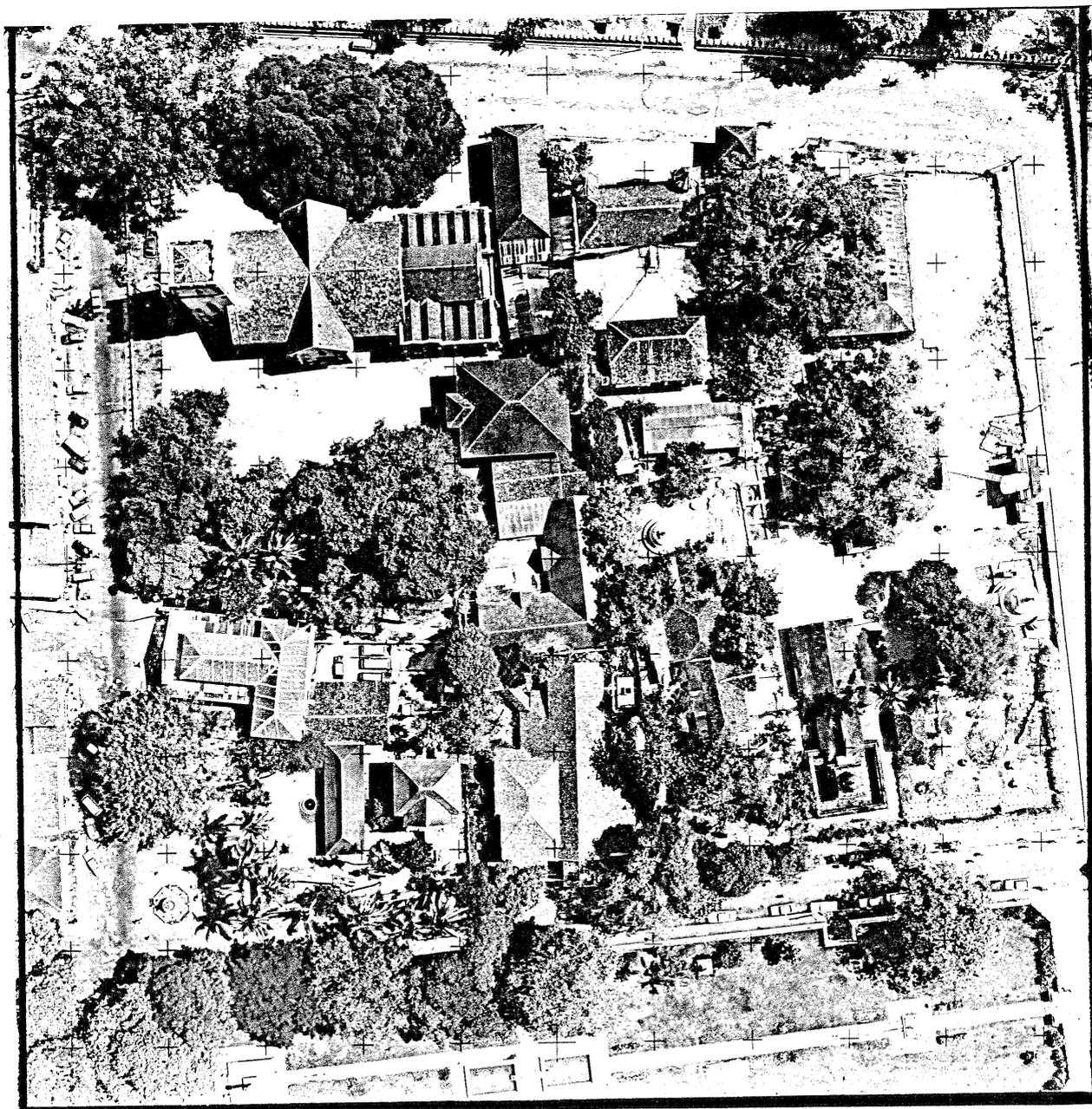


Abb.3 Rolleiflexaufnahme vom Gebiet um den Zahntempel  
Aufnahmemastab 1:3500

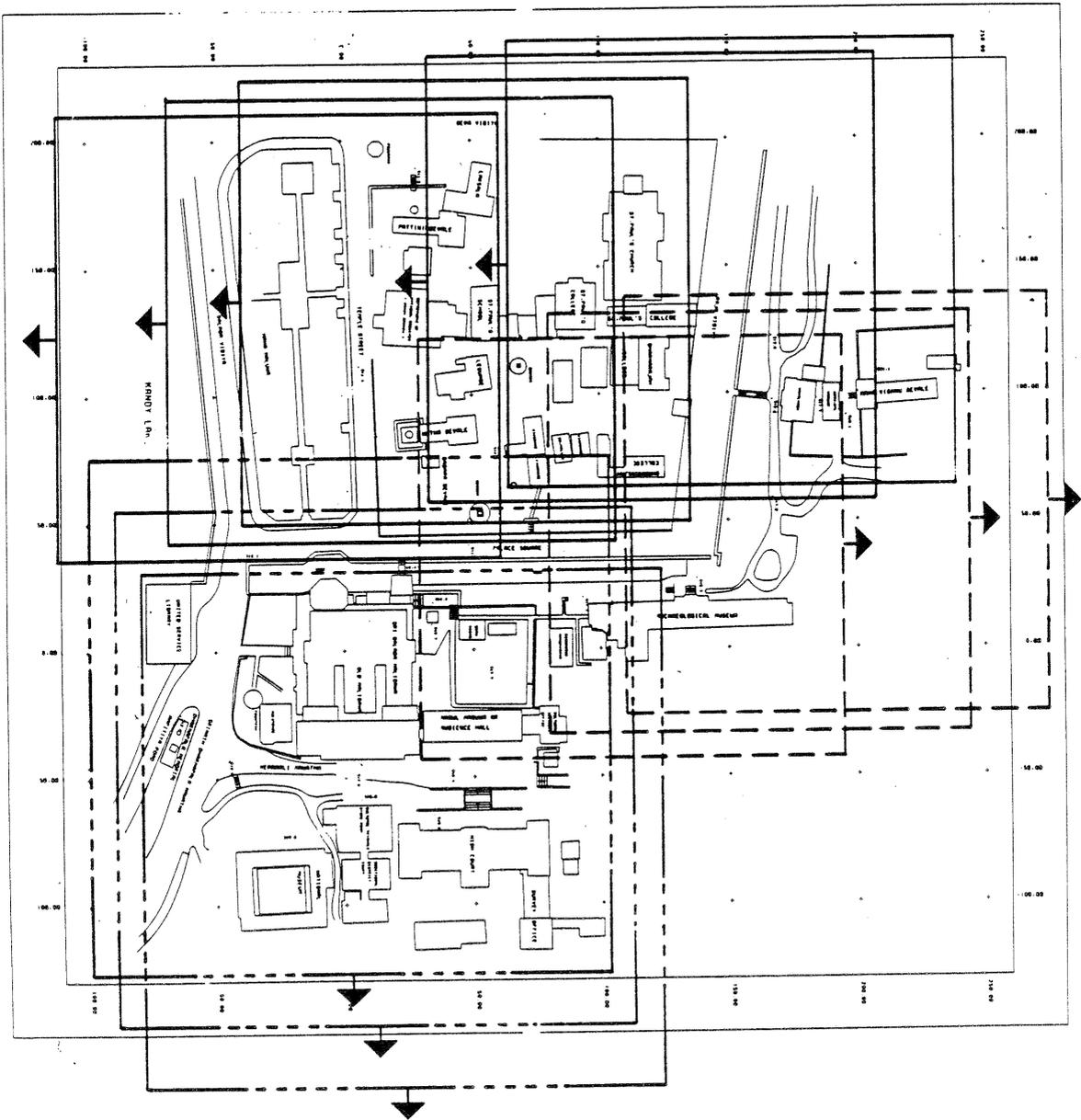


Abb.4 Bildfluganordnung  
(Mit Genehmigung des Deutschen Archäologischen Instituts.)

Die Filmkassetten mit AGFAPAN 100 zu zwölf Aufnahmen waren praktikabel. Der Kassettenwechsel wurde bei jedem Wendevorgang getätigt.

Von den zur Verfügung stehenden Wechselobjektiven hatte das PLANAR die größte relative Blendenöffnung von  $1/2.8$ . Darüberhinaus war mit seiner Brennweite von 80mm der angestrebte Abbildungsmaßstab mit einer den Sicherheitsbestimmungen entsprechenden Flughöhe vereinbar.

### 3. Einpaßinformation

Durch Polygonierung und Triangulation wurden einige Paßpunkte im örtlichen System bestimmt. Den Polygonpunkten wurden zur Signalisierung weiße Holzscheiben mit einem Durchmesser von 30cm zentrisch übergestülpt. Außerdem wurden Turmspitzen eingeschnit-

ten, um eine ausreichende Höhengausdehnung des Paßpunktfeldes zu erreichen.

#### 4. Bildtriangulation

Um unmittelbar im Stereo-Auswertegerät Einzelmodelle absolut orientieren zu können, war das Paßpunktfeld nicht dicht genug. Der dynamischen Messung im räumlichen Modell mußte also eine Bündeltriangulation zur Bestimmung weiterer Punkte bzw. der Orientierungsparameter der Meßbilder vorausgehen. Den schematischen Ablauf der analytischen Bildauswertung, aus /4/ entnommen, zeigt Abb.5.

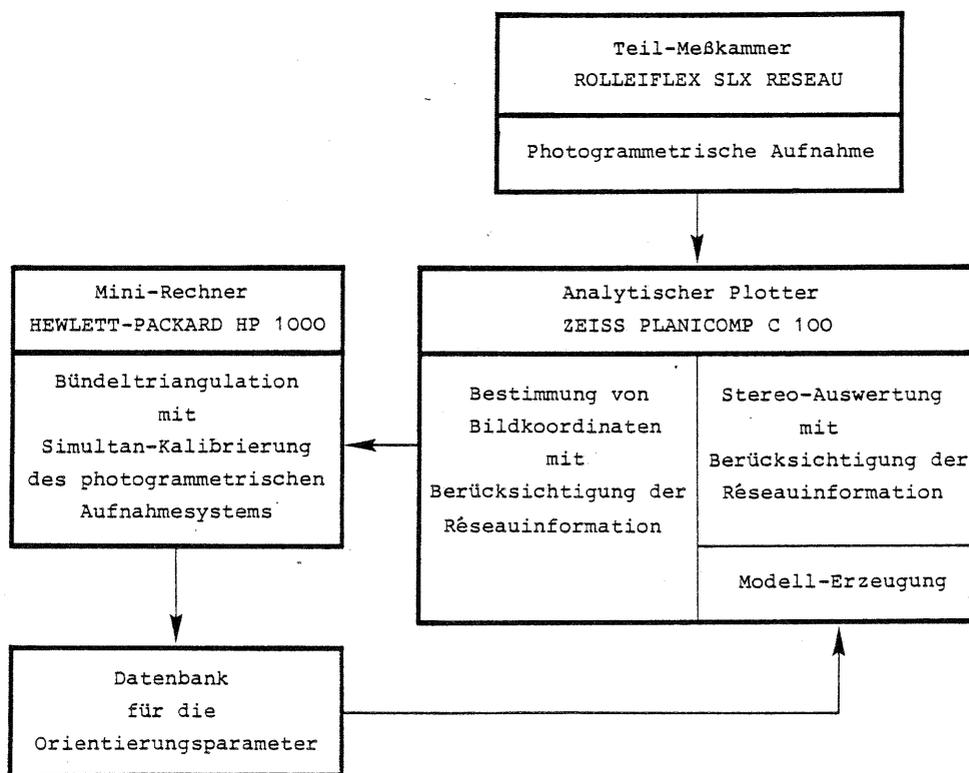


Abb.5 Schematischer Ablauf der analytischen Bildauswertung (aus /4/)

Die im Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn entwickelte Software ermöglicht die Übertragung der monoskopisch gemessenen Bilddaten an den Steuerrechner HP 1000 zur Bündel- ausgleichung mit dem Programm "Mehrbild-Orientierung" /4/. Die Bildkoordinaten entstanden aus der Transformation der Komparatorkoordinaten auf das Réseau der ROLLEIFLEX unter Verwendung einer maschenweisen Interpolation /1/. Um den Aufwand der Réseausausmessung niedrig zu halten, wurden aber nur vier Maschen gebildet, d.h., daß die Réseaukreuze in den Bildecken, den Mitten der Seiten und der Bildmitte gemessen wurden.

Die Ausgleichung sollte die Kammer simultan kalibrieren. Startwerte für die innere Orientierung konnten mit einer Varianz a priori von  $\pm 50 \mu\text{m}$  (mechanischer Reproduzierbarkeitsbereich für die ROLLEIFLEX SLX, s. /2/) vorgegeben werden, da für das Objektiv bereits frühere Kalibrierungsergebnisse vorlagen.

Es ergab sich eine starke Korrelation der Kammerkonstanten  $c$  mit der Aufnahmehöhe. Aber ein relativ kleiner Zuschlag bei der letzten Iteration machte den ermittelten Wert für  $c$  gut verwertbar. Seine Standardabweichung stieg gegenüber der a priori-Genauigkeit proportional mit dem mittleren Gewichtseinheitsfehler  $m_0$  (s. Tabelle I).

Tabelle I Genauigkeit der inneren Orientierung, normiert auf den mittleren Fehler der Gewichtseinheit  $m_0$

		$m' = \frac{m_i}{m_0}$		
	$m_0$	$c$	$x_H$	$y_H$
a priori	5.0 $\mu\text{m}$	10	10	10
a posteriori	11.6 $\mu\text{m}$	10	6.2	5.9

Der Bündelblock enthielt somit keine ausreichende Information, um die Genauigkeit des Startwerts zu verbessern. Das gelang jedoch zum einen bei der Hauptpunktlage ( $x_H$  und  $y_H$ ) wegen der vorliegenden Flugstreifen in verschiedenen Richtungen und zum anderen bei den Parametern der radial-symmetrischen Verzeichnung wegen der guten Bildformatausnutzung.

Die aus der Bündelausgleichung erhaltenen Orientierungsdaten waren unmittelbar zur Modellbildung im PLANICOMP C100 abrufbereit (Abb.5), so daß die Stereokartierung unter on-line-Berücksichtigung der Réseauinformation sofort nach der Triangulation erfolgen konnte.

Tabelle II Genauigkeit der Objektkoordinaten

$m_x$ (cm)	$m_y$ (cm)	$m_z$ (cm)
4.6	4.5	13.0

Die mittleren Fehler der Objektkoordinaten sind in Tabelle II dargestellt. Die Restklaffungen an den Paßpunkten liegen in der gleichen Größenordnung, da die Punkte nur teilweise aus künstlichen Markierungen bestanden, die erfahrungsgemäß wesentlich besser zu identifizieren sind als natürliche Objektdetails.

## 5. Schluß

In kurzer Zeit konnte mit einer Teil-Meßkammer ein Aufnahmematerial erstellt werden, das den Genauigkeitsanforderungen voll auf genügte. Dabei wurde aus wirtschaftlichen Gründen auf die Ausnutzung der gesamten Réseauinformation verzichtet. Eine flüssige analytische Auswertung mit dem gezeigten Arbeitsgang, der bei nicht ausreichender Paßpunktinformation für jedes Einzelmodell der Zweistufenorientierung eine Alternative in Form der Modellerzeugung mit den Orientierungsdaten einer Bildtriangulation entgegengesetzt, erwies sich mit der systeminternen Datenübertragung als sehr wirtschaftlich.

Die unproblematische Durchführung des Bildflugs ermöglichte die technische Ausrüstung der ROLLEIFLEX SLX.

## Literatur

- /1/ Kotowski, R. (1984): Zur Réseaukorrektur von systematischen Bildfehlern. Bildmessung und Luftbildwesen, 52 (2).
- /2/ Meid, A. (1982): Photogrammetrische Aufnahme der Santa Maria delle Grazie in Mailand. Diplomarbeit am Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn, unveröffentlicht.
- /3/ Waldhäusl, P., Lubowski, G. (1980): Ballonphotogrammetrie. International Archives of Photogrammetry, Vol. XXIII, Part B5, Kommission V.
- /4/ Wester-Ebbinghaus, W. (1983): Ein photogrammetrisches System für Sonderanwendungen. Bildmessung und Luftbildwesen, 51 (3).