

XIV KONGRESS
DER INTERNATIONALEN GESELLSCHAFT FÜR PHOTOGRAMMETRIE
HAMBURG 1980

Kommission V
Invited Paper

Wilfried Wester-Ebbinghaus
Institut für Photogrammetrie
Universität Bonn

NUMERISCHE VERFAHREN
FÜR DIE ARCHITEKTURPHOTOGRAMMETRIE

NUMERICAL PROCEDURES
FOR ARCHITECTURAL PHOTOGRAMMETRY

Abstract:

It is possible to use non-metrical cameras to supplement the limited possibilities provided by metric cameras, to obtain photographs for the manifold tasks of architectural photogrammetry. Aerial triangulation permits the densification of sparse geodetic control. Optical-mechanical plotting can be numerically supported. Analytical stereo-procedures remove limitations in the use of camera types and photographic arrangements. Extensive numerical analyses are possible in digitally defined objects.

1. Einleitung

Die analoge optisch-mechanische Meßtechnik hat heute einen hohen Entwicklungsstand erreicht. Mehr als in der Luftbildmessung bedeutet jedoch rein analoge Arbeitsweise in der Architekturphotogrammetrie Einschränkung der photogrammetrischen Anwendungsmöglichkeiten. Den Aufgaben der Architekturvermessung kann so nur teilweise entsprochen werden.

Numerische Verfahren eröffnen auch der Architekturphotogrammetrie neue Möglichkeiten. Die Forschung in der Nahbereichsphotogrammetrie zielt geradezu ausschließlich auf die numerische Lösung der Aufgaben /44/.

Dieser Beitrag versucht, einen Überblick zu geben über die heute der Architekturphotogrammetrie sich anbietenden numerischen Verfahren.

2. Möglichkeiten für den Einsatz von Nicht-Meßbildern

Für die vielfältigen Aufgaben in der Architekturvermessung können die handelsüblichen Meßkammern oft nicht oder nur unzureichend die aufnahmetechnischen Voraussetzungen bieten. Selbst triviale Forderungen wie die nach Fokussierbarkeit und präziser Sucherbetrachtung sind kaum berücksichtigt. Weiterhin muß festgestellt werden, daß die photographische Bildqualität bei der Entwicklung von terrestrischen Meßkammern lange vernachlässigt wurde. Verglichen mit den photographisch überwältigenden Aufnahmen Meydenbauers aus dem vorigen Jahrhundert (format 40x40 cm) kann gar von Rückschritt gesprochen werden /32/. Der Einsatz von großformatigen Farbaufnahmen sollte heute für die Architekturvermessung selbstverständlich sein /49/. Erst seit wenigen Jahren sind durch die WILD-Kammern P31/P32 farbige Meßaufnahmen möglich /15//21/, jedoch nur bis zum Format 9x12 cm (P31) und verbunden mit hohen Kosten. Die Wahl verschiedener Bildwinkel ist für die Architekturphotogrammetrie wünschenswert. Auch hier sind die von Meßkammersystemen gebotenen Möglichkeiten sehr aufwendig (WILD P31, JENOPTIK UMK). Unkonventionelle Aufnahmeverfahren wie Freihandaufnahmen /27/ oder neuerdings Fernlenkbildflug /12//29//35//48/ schließlich fordern leichte Aufnahmekammern mit weitgehend automatisiertem Aufnahmevorgang.

Es wäre unrealistisch, für alle Sonderaufgaben geeignete Meßkammern zu fordern. Durch numerische Bildverarbeitung können Voraussetzungen geschaffen werden, Nicht-Meßbilder am Auswerteprozess zu beteiligen, um damit die begrenzten Möglichkeiten verfügbarer Meßkammern zu ergänzen. Es sind mathematische Beziehungen herzustellen zwischen Aufnahmeobjekt und Bild, die im Auswerteprozess nachvollzogen werden können. Möglich und bei rein numerischer Auswertung sinnvoll sind allgemeine mathematische Formulierungen /1/. In Anlehnung an Auswerteverfahren mit Meßkammern ist es üblich, die Zentralprojektion analytisch mit den Parametern der inneren und äußeren Orientierung der Aufkammer zu beschreiben und die Elemente der inneren Orientierung durch Kalibrierung zu bestimmen.

Unveränderliche Parameter der inneren Orientierung können durch Testfeldkalibrierung bestimmt werden /3//6//27//31//43//53. Voraussetzung ist eine reproduzierbar definierte Bildebene mit

Bildkoordinatensystem. Bei üblichen terrestrischen Meßkammern wird dies durch einen Anlegerahmen und Verwendung von Glasplatten als Träger der photographischen Schicht ermöglicht. Sichere Bedingungen bei der Benutzung von Film in Nicht-Meßkammern schafft der Einbau einer Réseauplatte. Bildfehler wegen Unebenheiten des Films können gemeinsam mit Auswirkungen von Filmverzug numerisch durch Ausnutzung der Réseauinformation korrigiert werden /27//55/.

Reicht die Konstanz der inneren Orientierung der Nicht-Meßkammer nicht aus, so ist die Kalibrierung mit im Objekt gegebenen Paßpunkten "on-the-job" durchzuführen /10//49/. Bei geeigneter Aufnahmeanordnung kann durch Ausnutzung geometrischer Strahlenschnittbedingungen ohne Paßpunkte kalibriert werden; man spricht treffend von Selbstkalibrierung /22/.

Inwieweit die Parameter nach einer Kalibrierung für weitere Aufnahmen als konstant angesehen werden können, ist auch eine Frage erforderlicher Genauigkeit. Kölbl /23/ hat für verschiedene Bildwinkel Toleranzen angegeben als Funktion von mittlerer Aufnahmeentfernung und Tiefenausdehnung des Objekts.

3. Bildtriangulation

Bei der geometrischen Gesamterfassung eines Großobjektes macht die Paßpunktbestimmung einen erheblichen Teil des Gesamtaufwands aus. Die Verfahren der Aerotriangulation bieten sich auch der Architekturphotogrammetrie an. Der Vorteil einer photogrammetrischen Punktbestimmung liegt darin, daß der Aufwand vor Ort verringert wird, ein wichtiger Umstand bei zeitlich begrenzter Aufnahmemöglichkeit.

Beide Triangulationsverfahren - Ausgleichung von Modellen und von Bündeln - wurden praktisch erprobt. Die Anwendung bestehender Aerotriangulationsprogramme bereitet keine grundsätzlichen Schwierigkeiten, wenn die Aufnahmeanordnung der Luftbildmessung entspricht. Dies gilt zum Beispiel für die Triangulation entlang einer Fassadenfront. Stephani /41/ vergleicht an einer Innenfassade des Längsschiffs von Il Gesu in Rom die beiden Ausgleichungsverfahren.

Soll um einen Gebäudekomplex herumtrianguliert werden, so ergeben sich besondere Bedingungen und Möglichkeiten. Die Ausgleichung von Modellen mit getrennter, iterativ sich abwechselnder Höhen- und Lageausgleichung ist hier grundsätzlich nachteilig. Die erforderliche gemeinsame Bezugsebene für alle Modelle kann nur durch eine Horizontalebene definiert werden. Bei wenig tiefengegliederten Objektflächen (Fassaden) entstehen dadurch schmale und hohe Modelle. Der iterative Ausgleichungsprozeß konvergiert schwerfällig und gelangt häufig nur durch fingierte Hilfsinformationen zum Ziel /33//9/. Bei der Bündelausgleichung dagegen wird die räumliche Orientierung aller beteiligten Strahlenbündel simultan bestimmt. Es bestehen keine Beschränkungen hinsichtlich Aufnahmeanordnung und Bezugssystem. Hell /17/ hat an Hand von simulierten Testblöcken für typisierte Aufnahmeobjekte wie Gebäudeblock, Turm und Halbkugel geeignete Aufnahmeanordnungen beschrieben. Wester-Ebbinghaus /47/ konnte am Baptisterium S. Giovanni in Florenz eine geschlossene, das Gebäude allseitig erfassende Bündelausgleichung vorführen.

Unerläßliche Voraussetzung für das Gelingen der Bündelausgleichung bei räumlicher Aufnahmeanordnung ist die Berechnung von genauen Näherungswerten für die beteiligten Unbekannten /47/. Die Stabilität des Blocks kann entscheidend verstärkt werden durch Übersichtsaufnahmen aus der Luft; genannt seien in diesem Zusammenhang die Versuche mit Fernlenkbildflug /12//29//35//48/.

Höchst wertvoll sind die in letzter Zeit entwickelten Möglichkeiten, alle im Objekt- und Bildraum gegebenen Informationen im Ausgleichungsprozeß simultan zu berücksichtigen /4//17//47//51//52//54/. Wohl ist die Einbeziehung solcher Zusatzbeobachtungen grundsätzlich auch in der Modellausgleichung denkbar /37/, doch bietet sich zur umfassenden und unmittelbaren Nutzung aller Möglichkeiten eher die Bündelausgleichung an.

Als Beobachtungen im Objektraum kommen im Bereich der Architekturphotogrammetrie neben Paßpunktinformationen nivellierte Höhen, Streckenmessungen, Lote, gerichtete Maßstäbe /39/, gespannte Paßlinien /7/ und Parameter der äußeren Orientierung der Aufnahmekammern in Betracht. Bei Verwendung von Stereomeßkammern ergeben sich zusätzliche nutzbare Bedingungen aus der instrumentellen Verknüpfung zweier Bilder /54/.

Im Bildraum können neben den Bildkoordinaten der abgebildeten Objektpunkte die Parameter der inneren Orientierung als Beobachtungen aufgefaßt werden /4/. Außer der Behandlung dieser Parameter entweder als durch vorangegangene Kalibrierung gegebene Konstante oder als zu bestimmende Unbekannte kann auf diese Weise eine flexible Kammerkalibrierung durchgeführt werden, die sich durch geeignete Wahl der Beobachtungsgewichte der Genauigkeit der vorgegebenen Parameter und den Möglichkeiten und Erfordernissen der Aufnahmeanordnung anpaßt; es wird elegant ein Zusammenspiel von Meßkammern, Nicht-Meßkammern und Mischtypen beliebiger Abstufung möglich. Im Rahmen der photogrammetrischen Aufnahme der Sehzade Moschee in Istanbul wurde so die Paßpunktbestimmung mit Bündelausgleichung unter Beteiligung einer WILD P32 und einer handelsüblichen Mittelformatkammer mit Objektiven verschiedener Brennweiten durchgeführt /34/.

4. Zweibildmessung

Die Zweibildmessung in der Architekturphotogrammetrie beschränkt sich überwiegend auf Stereokartierung mit optisch-mechanischem Auswertegerät, wobei die Aufnahmeanordnung dem strengen Normalfall der Stereophotogrammetrie entspricht. Die dadurch ermöglichte einfache Auswertetechnik mit minimaler Orientierungsarbeit ist sicher ein Grund, weshalb die Photogrammetrie in der Architekturvermessung so weite Verbreitung gefunden hat und heute zu den Hauptanwendungsgebieten der Nahbereichsphotogrammetrie zählt. Nachteilig ist, daß die Bezugsebene schon zum Zeitpunkt der Aufnahme endgültig festgelegt werden muß. Dies ist oft nur schwer und unsicher möglich. Der Einsatz von Luftbildauswertegeräten mit Neigungsmöglichkeiten von einigen Grad biete mehr Bewegungsfreiheit (genäherter Normalfall). Allerdings können nur an wenigen Geräten die Bildweiten der Auswertekammern den in der Architekturphotogrammetrie üblichen kurzen Aufnahmekammerkonstanten angepaßt werden.

Es ist entweder eine instrumentelle Zusatzausrüstung oder photographische Umbildung der Meßbilder nötig. Eine typische Schwierigkeit von Architektur-Normalfallaufnahmen liegt darin, hohe Objekte ohne Kammerneigung erfassen zu müssen, so daß aufwendige Hebevorrichtungen nötig sind.

Numerische Auswerteverfahren erweitern die Möglichkeiten der Zweibildmessung grundlegend.

4.1. Numerisch unterstützte optisch-mechanische Stereokartierung

Zur Anpassung der Meßbilder an die Auswertekammern von Luftbild-Auswertegeräten ist statt der üblichen, instrumentell aufwendigen Umbildung eine einfache Vergrößerung ausreichend, wenn die innere Orientierung des vergrößerten Bildes durch numerische Orientierung über der Bildebene der Aufnahmekammer mit Hilfe von Rahmenmarken oder Réseaukreuzen neu bestimmt wird. Dabei muß der Maßstab im Rahmen der Einstellmöglichkeiten der Auswertekammern zunächst nur genähert definiert sein. Perspektivische Verzerrungen wegen mangelhafter Parallelität zwischen Bild- und Projektionsebene des Vergrößerungsgeräts können durch Neigung der Auswertekammer beschrieben werden, wenn auch der veränderte Hauptpunkt berücksichtigt wird.

Zur Bestimmung von Einstellwerten für die äußere Orientierung geben Schölin und Vetterli /38/ ein Verfahren an. Aus am Stereokartiergerät gemessenen Modellkoordinaten und Vertikalparallaxen werden unter Beteiligung der Paßpunkte Einstellwerte für die vollständige gegenseitige und absolute Orientierung gefunden.

Wegen seiner weiten Neigungsbereiche ist der ZEISS STEREOPLANOGRAPH C8 für die Architekturphotogrammetrie besonders geeignet. Das Gerät wird leider nicht mehr gebaut und zur Zeit von vielen Vermessungsinstitutionen ausgemustert. Man sollte möglichst viele dieser ausgezeichneten Maschinen für die Architekturphotogrammetrie retten. Wegen seiner präzisen Einstellelemente ist der C8 auch prädestiniert für die Vorausberechnung der Orientierungsgrößen. Am Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn wird ein C8 intensiv für Architekturvermessung eingesetzt. Für genähert umgebildete Meßbilder (siehe oben) werden sämtliche Einstellwerte der inneren und äußeren Orientierung berechnet; Auch erfahrene Auswerter mögen bei schwierig zu orientierenden Modellen nicht mehr auf diese numerische Unterstützung verzichten.

Durch elektrische Ausgabe der Modellkoordinaten und Einsatz eines Digitalzeichentisches kann unter Zwischenschaltung eines Rechners das Stereomodell rechnerisch in die gewünschte Bezugsebene projiziert werden /8//40/. Dabei lassen sich beliebige Aufnahmeneigungen nachvollziehen, eine für die Architekturphotogrammetrie besonders wünschenswerte Möglichkeit. Sogenannte intelligente Zeichentische erlauben teilautomatisierte Kartierung. Zur abstrahierenden Darstellung können projizierte Punkte mit mathematischen Ideallinien wie Geraden oder Kreisen verbunden werden.

4.2. Analytische Stereoauswertung

Im Vergleich zur physikalischen Simulation der Abbildungsstrahlen bei optisch-mechanischer Stereokartierung werden bei

analytischer Stereoauswertung die Abbildungsstrahlen mathematisch formuliert. Die Parameter der inneren und äußeren Orientierung sind ohne mechanische Begrenzung frei wählbar. Eine Umbildung der Aufnahmen ist unnötig. Abweichungen von der strengen Zentralprojektion (siehe unter 2.) können durch Korrekturfunktionen berücksichtigt werden. Es sind ideale Voraussetzungen für den Einsatz von Nicht-Meßbildern gegeben.

Digitale Modellbildung

Aus am Komparator gemessenen Bildkoordinaten können durch numerische gegenseitige Orientierung der Strahlenbündel Modellkoordinaten von Objektpunkten bestimmt werden. Die analytische Formulierung von Bestimmungsgleichungen für die fünf Orientierungsparameter ist über Komplanaritätsbedingungen einfach und die numerische Auflösung auch schon mit einem Tischrechner streng möglich /51/. Für digitale Objekterfassung bietet sich hiermit ein Verfahren hoher Genauigkeit und geringen instrumentellen Aufwands an.

Als Weiterverarbeitung der Modellkoordinaten ist digitale online Kartierung denkbar. Grimm /13/ hat ein hierfür konzipiertes Gerätesystem vorgestellt. Nachteilig gegenüber optisch-mechanischer Analogauswertung ist, daß die Messung nicht dynamisch sondern punktweise abläuft.

Rechnergesteuerte Stereokartierung

Ganz der optisch-mechanischen Stereokartierung entsprechend, werden bei dem von Helava /16/ angegebenen Prinzip des "Analytical Plotter" für eingegebene Modellkoordinaten die Meßmarken an die entsprechenden Bildpunkte geführt: Die mathematisch formulierten Abbildungsstrahlen werden instrumentell durch ein rechnergesteuertes Servosystem realisiert. Das dynamische Meßprinzip der optisch-mechanischen Analogauswertung kann durch genügend kurze Impulsfolge digital simuliert werden.

Durch den integrierten Rechner lassen sich umfangreiche, die Stereokartierung vorbereitende und begleitende Rechnungen ausführen wie Kalibrierung, Paßpunktbestimmung und Weiterverarbeitung der Modellkoordinaten. Allerdings sind die handelsüblichen Auswertesysteme vom Hersteller aus verständlichen Gründen vorwiegend für Luftbildaufgaben konzipiert. Die Standard-Software kann nicht den Ansprüchen von Sonderanwendungen wie Architekturphotogrammetrie vollständig gerecht werden. Es sind eigene Entwicklungen des Anwenders erforderlich.

Eine grundsätzliche gerätetechnische Schwierigkeit ergibt sich bei der Auswertung von Meßbildern, die zur Genauigkeitssteigerung mit großem Basis-Entfernungsverhältnis und konvergenten Aufnahmerichtungen aufgenommen wurden. Wohl läßt sich die Orientierung konvergenter Aufnahmen analytisch formulieren und numerisch realisieren, aber die stereoskopische Betrachtung ist gestört, wenn im Betrachtungsstrahlengang keine Möglichkeiten für Maßstabsausgleich gegeben sind. Der STEREOPLANIGRAPH C8 übrigens kennt diese Schwierigkeiten nicht: Die optische Wiederherstellung der Abbildungsstrahlen ermöglicht im gesamten Neigungsbereich ungestörte stereoskopische Betrachtung.

Die Möglichkeiten des analytischen Auswertesystems ZEISS PLANI-COMP C100 für die Architekturphotogrammetrie werden zur Zeit am Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn untersucht. Besonderes Gewicht liegt auf der Stereokartierung mit Nicht-Meßbildern (großformatige Farbaufnahmen, langbrennweitige Fernaufnahmen von unzugänglichen Objekten und historische Aufnahmen zur Rekonstruktion zerstörter Objekte). Zu gegebener Zeit wird darüber berichtet werden.

Auf weitere rechnergesteuerte Stereoauswertesysteme wird hier nicht eingegangen. Angesichts der erfolgreichen Entwicklung des Analytical Plotter sind andere zur Zeit bekannte Lösungen in den Hintergrund getreten /24/.

5. Einzelbildmessung

Die optische ganzflächige Entzerrung hat in der Architekturphotogrammetrie für die Darstellung genügend ebener Fassadenflächen große Bedeutung /26/. Die mühsame empirische Einpassung auf kartierte Paßpunkte kann ersetzt werden durch die Berechnung von Einstellwerten /19//20//26/. Voraussetzung ist ein präzises Entzerrungsgerät /45/. Die durch Unebenheiten der Objektfläche hervorgerufenen radialen Verzerrungen werden durch eine dem Objekt sich bestmöglich anpassende Projektionsebene minimiert /26/. Bei Mehrfachentzerrung stark geneigter Aufnahmen ist die Berechnung von Einstellwerten von besonderer Bedeutung, da automatische Fluchtpunktsteuerungen falsche Bildverschiebungen für die einzelnen Entzerrungsstufen und ein affin deformiertes Entzerrungsergebnis liefern.

Zur Entzerrung von Bildern nicht ebener Objektflächen konnten differentielle Entzerrungsmethoden eingesetzt werden /36/. Für die Architekturvermessung besonders interessant ist die differentielle Projektion auf abwickelbar gekrümmte Bezugsflächen mit Hilfe digital gesteuerter Umbildegeräte /28/. Hierzu ist die Objektfläche mit einer abwickelbaren Regelfläche zu approximieren. Die Aufgabe kann elegant und sicher numerisch an einem aus Meßbildern abgeleiteten Modell gelöst werden (siehe unter 4.2. und 6.).

Der besondere Vorzug der optischen Bildentzerrung ist die photographische Informationsdichte, so daß auch hier zur Architekturdarstellung großformatige Farbphotographie sinnvoll erscheint. Der Einsatz von handelsüblichen Nicht-Meßkamern bietet sich hier besonders an, da zur Entzerrung die Lage des Projektionszentrums im Aufnahmebildraum nicht bekannt zu sein braucht. Bei digital gesteuerter Umbildung ist auch Verzeichnungs-korrektur möglich. Die Verzeichnung handelsüblicher Großbildobjektive ist jedoch nicht kritisch /49/, zumal da Großformataufnahmen nur geringe Nachvergrößerung verlangen.

Bei extremer Aufnahmeneigung oder ungeeigneter Objektform können konventionelle photographische Entzerrungsverfahren überfordert sein. Rein digitale Entzerrung bietet hier nahezu unbegrenzte Möglichkeiten geometrischer Bildveränderung. Oft sind Teilentzerrungen geringen Aufwands angebracht: Numerische Projektion von ausgewählten Bildpunkten auf eine gewünschte Projektionsfläche /14//46/. Differentielle punktweise Entzerrung des Gesamtbildes mit bildhaftem Ergebnis wird möglich durch

Analog-Digital-Analogwandlung mit Bildlese- und Bildschreibgerätesystemen /18//25/. Da die Bildinformation reduziert wird auf die mittleren Grauwerte vorgegebener Flächenelemente, ist verglichen mit der oben beschriebenen optischen Entzerrung Informationsverlust in Abhängigkeit von der Flächenelementgröße hinzunehmen. Bähr /2/ konnte an der Burg Oelber bei Hildesheim diese Entzerrungstechnik vorführen. Die zu erwartenden Entwicklungen im Bereich der digitalen Bildverarbeitung sind auch für Anwendungen in der Architekturphotogrammetrie sehr vielversprechend.

6. Digitale Objektanalyse

Photogrammetrische Meßverfahren eignen sich sehr für die digitale Objekterfassung. Moderne optisch-mechanische und analytische Stereoauswertegeräte ermöglichen eine weitgehende automatisierte Erfassung von Modellkoordinaten /13//40/. Das Paßpunktgerüst zur Einpassung der Einzelmodelle zu einem Gesamtsystem kann durch Bildtriangulation geliefert werden (siehe unter 3.). In digitaler Analyse lassen sich geometrische Strukturen erfassen und mathematische Approximationen für Objektlinien und Objektflächen finden /5//11//41/.

Gesamtansichten von digital erfaßten Ensembles können dem Betrachter aus beliebiger Richtung und in geeigneter Projektion vorgeführt werden /5//30//42/. Daraus ergibt sich wertvolle Hilfe bei der Planung neuer Gebäude in historischer Umgebung. Das geplante Objekt kann durch numerische Simulation in den Bestand eingepaßt und beurteilt werden. Durch kontinuierliche Veränderung des Standorts ist nach Art eines Trickfilms die Darstellung bewegter Perspektive möglich, den Weg eines gedachten Betrachters nachvollziehend.

7. Schlußbemerkungen

Die Hauptlast der photogrammetrischen Auswertung wird in der Architekturphotogrammetrie - wie in der Photogrammetrie allgemein - sicher auch weiterhin sinnvoll von optisch - mechanischen Verfahren getragen werden, die heute auf sehr hohem Genauigkeitsniveau wirtschaftlich arbeiten. Numerische Verfahren können wertvolle Ergänzung und Unterstützung für diese bewährten Arbeitsweisen sein.

Literatur

- /1/ *Abdel-Aziz, Y.I., Karara, H.M.*, 1971. Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Coordinates. Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana.
- /2/ *Bähr, H.-P.*, 1978. Digital Rectification of a Facade. Symposium der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Moskau, Presented Paper Kommission III.
- /3/ *Bopp, H., Krauss, H.*, 1978. Ein Orientierungs- und Kalibrierungsverfahren für nichttopographische Anwendungen der Photogrammetrie. Bildmessung und Luftbildwesen, 46(5):182-188.
- /4/ *Buck, U.*, 1977. Numerische Auswertung und statistische Analyse von ingenieur photogrammetrischen Deformationsmessungen. Dissertation Hannover.

- /26/ Kupfer, G., Mauelshagen, L., Wester-Ebbinghaus, W., 1976. Verfahren zur photogrammetrischen Bestandsaufnahme, dargestellt an ausgewählten Beispielen. Landeskonservator Rheinland, Architekturphotogrammetrie II, Arbeitsheft 17: 109-116.
- /27/ Kupfer, G., Wester-Ebbinghaus, W., 1977. Zur Bildgeometrie einer WILD P32 und ihrer Einsatzmöglichkeit in der Architekturphotogrammetrie. Festschrift zur Emeritierung von Prof. Fritz Löschner, Aachen.
- /28/ Kraus, K., Tschannerl, J., 1976. Zur photogrammetrischen Entzerrung abwickelbarer Regelflächen. Bildmessung und Luftbildwesen, 44(4): 168-170.
- /29/ Lubowski, G., Waldhäusl, P., 1980. Ballonphotogrammetrie. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 68(1).
- /30/ Mauelshagen, L., 1974. Einsatz der terrestrischen Photogrammetrie in Architektur- und Bauplanungswesen. Vermessungstechnische Rundschau, 36(11): 405-420.
- /31/ Mauelshagen, L., 1977. Teilkalibrierung eines photogrammetrischen Systems mit variabler Paßpunktanordnung und unterschiedlichen deterministischen Ansätzen. Dissertation Bonn.
- /32/ Meydenbauer, A., 1867. Über die Anwendung der Photogrammetrie zur Architektur- und Terrain-Aufnahme. Zeitschrift für Bauwesen: 61-70.
- /33/ Mohl, H., Mohr, E., 1974. Photogrammetrische Raumnetze in der Architekturphotogrammetrie. Bildmessung und Luftbildwesen, 42(5): 155-159.
- /34/ Przybilla, H.-J., 1978. Bestimmung eines vorläufigen photogrammetrischen Punktfeldes an der Sehzade Moschee in Istanbul. Diplomarbeit am Institut für Photogrammetrie der Universität Bonn, unveröffentlicht.
- /35/ Przybilla, H.-J., Wester-Ebbinghaus, W., 1979. Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug. Bildmessung und Luftbildwesen, 47(5): 137-142.
- /36/ Seeger, E., 1974. Das Orthophotoverfahren bei der Bauaufnahme am Beispiel Schloß Linderhof. Bildmessung und Luftbildwesen, 42(5): 148-154.
- /37/ Stark, E., 1970. Die Einbeziehung geodätischer Strecken- und Azimutmessungen in die Punktbestimmung durch photogrammetrische Blocktriangulation. Allgemeine Vermessungsnachrichten, 77(9): 318-328.
- /38/ Schölin, G., Vetterli, P., 1974. Numerische Orientierung von Stereomodellen mittels Tischcomputern. Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik, 72(1):53-61.
- /39/ Schuhr, P., 1976. Analytische Auswertung terrestrischer Aufnahmen mit Hilfe von vertikalen und horizontalen Maßstäben. Dissertation Hannover.
- /40/ Schwebel, R., 1976. Rechnergestützte Stereoauswertung - Instrumentelle Möglichkeiten und Voraussetzungen. 35. Photogrammetrische Woche Stuttgart.
- /41/ Stephani, M., 1978. Problemstellung und Leistungsmerkmale der Architekturphotogrammetrie dargestellt am Beispiel der Kirche "Il Gesu" Rom. 5. Internationales Symposium für Photogrammetrie in der Architektur- und Denkmalpflege, Sibenik, Presented Paper.
- /42/ Streich, B., 1979. Ein Algorithmus für perspektivische Darstellung städtebaulicher Entwürfe. Vermessungswesen und Raumordnung, 41(5): 243 253.
- /43/ Torlegård, K., 1967. On the Determination of Interior Orientation of Close-up Cameras under Operational Conditions using Three Dimensional Test Objects. Dissertation Stockholm.
- /44/ Torlegård, K., 1976. State-of-the-Art of Close-Range Photogrammetry. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 42(1): 71-79.

- /15/ *Carbonnell, M.*, 1976. Evolution des applications de la photogrammetrie à la conservation des monuments et des sites. Landeskonservator Rheinland, Architekturphotogrammetrie II, Arbeitsheft 17: 19-32.
- /16/ *Döhler, M.*, 1971. Nahbildmessung mit Nicht-Meßkammern. Bildmessung und Luftbildwesen, 39(2): 67-76.
- /17/ *Döhler, M.*, 1975. Verwendung von Paß-"Linien" anstelle von Paß-"Punkten" in der Nahbildmessung. Festschrift zum 70. Geburtstag von Prof. Schwiedefski, Karlsruhe.
- /18/ *Dorrer, E.*, 1976. Rechner gestützte Stereokartierung - Aufgaben, Rechenprogramme, Erfahrungen. 35. Photogrammetrische Woche Stuttgart.
- /19/ *Düppe, R.-D., Kutschmichel, E.*, 1979. Photogrammetrische Punktbestimmung und Bauaufnahme im Limburger Dom. Zeitschrift für Vermessungswesen, 104(5): 203-208.
- /10/ *Faig, W.*, 1975. Calibration of Close-Range Photogrammetric Systems: Mathematical Formulation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 41(12): 1479-1486.
- /11/ *Ferri, W., Fondelli, M., Franchi, P., Greco, F.*, 1971. Photogrammetric Survey of the "Cupola di Santa Maria del Fiore" in Florence. Symposium on Close-Range Photogrammetrie, Urbana.
- /12/ *Georgopoulos, A.C.*, 1980. Möglichkeiten und Grenzen Photogrammetrischer Ballon- und Drachenaufnahmen. Technische Akademie Wuppertal.
- /13/ *Grimm, A.*, 1979. Ein einfaches Auswertesystem für die photogrammetrische Bauaufnahme. Symposium für Photogrammetrie und Denkmalpflege, Technische Akademie Wuppertal.
- /14/ *Grün, A.*, 1974. Die photogrammetrische Rekonstruktion von Rotationsflächen aus Einzelbildern. Bildmessung und Luftbildwesen, 42(5): 160-165.
- /15/ *Hardegen, L.*, 1976. Praktische Erfahrungen mit Farb- und Infraaufnahmen in der Nahbereichsphotogrammetrie. Landeskonservator Rheinland. Architekturphotogrammetrie II, Arbeitsheft 17: 93-98.
- /16/ *Helava, U.V.*, 1958. New Principles for Photogrammetric Plotters. Photogrammetria, 14(1): 89-96.
- /17/ *Hell, G.*, 1979. Terrestrische Bildtriangulation unter Berücksichtigung zusätzlicher Beobachtungen. Dissertation Karlsruhe.
- /18/ *Hössler, R.*, 1980. Differential Rectification of Digital or Digitized Imagery. 14. Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Hamburg, Invited Paper Kommission III.
- /19/ *Hobbie, D.*, 1976. Numerische Einpassung am Entzerrungsgerät SEG 5 mit der Orientierungseinrichtung ZEISS OCS 1. Bildmessung und Luftbildwesen, 44(4): 164-168.
- /20/ *Jänsch, R.D.*, 1970. Die Berechnung von Entzerrungsdaten auf Grund der projektiven Beziehungen zwischen den Koordinaten der Bild- und Kartenebene. Dissertation Berlin.
- /21/ *Kasper, H.*, 1976. Architekturphotogrammetrie - erfüllte und offene Wünsche an die Instrumentenindustrie. Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Helsinki.
- /22/ *Kölbl, O.*, 1972. Selbstkalibrierung von Aufnahmekammern. Bildmessung und Luftbildwesen, 40(1): 31-37.
- /23/ *Kölbl, O.*, 1976. Metric or Non-Metric Cameras. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 42(1): 103-113.
- /24/ *Konecny, G.*, 1978. Analytische Auswertegeräte vom Standpunkt des Benutzers. Symposium über den Einsatz Digitaler Komponenten in der Photogrammetrie, Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessung der Technischen Universität Hannover.
- /25/ *Konecny, G.*, 1979. Methods and Possibilities for Digital Differential Rectification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 45(6): 727-734.

- /45/ *Wester-Ebbinghaus, W.*, 1976. Zur Genauigkeit der Entzerrung nach Einstellwerten. 13.Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Helsinki, Presented Paper Kommission II.
- /46/ *Wester-Ebbinghaus, W.*, 1978. Ein photogrammetrischer Beitrag zur Wiederherstellung der zerstörten Monstranz des Kölner Domschatzes. Allgemeine Vermessungsnachrichten, 85(10): 345-350.
- /47/ *Wester-Ebbinghaus, W.*, 1978. Photogrammetrische Punktbestimmung durch Bündelausgleichung zur allseitigen Erfassung eines räumlichen Objekts. Bildmessung und Luftbildwesen, 46(6): 198-204.
- /48/ *Wester-Ebbinghaus, W.*, 1980. Fernlenkflug mit Modellhubschrauber. 14.Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Hamburg, Presented Paper Kommission V.
- /49/ *Wester-Ebbinghaus, W.*, 1980. Architekturvermessung mit großformatigen farbigen Nicht-Meßbildern. Marburger Jahrbuch.
- /50/ *Wölpert*, 1969. Untersuchungen zur Abstimmung und inneren Orientierung fokussierbarer Meßkammern. Dissertation Berlin.
- /51/ *Wong, K.W.*, 1975. Mathematical Formulation and Digital Analysis in Close-Range Photogrammetry. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 41(11): 1355-1373.
- /52/ *Wrobel, B., Ellenbeck, K.-H.*, 1976. Terrestrisch- Photogrammetrische Punktbestimmung durch Simultanausgleichung gemessener Orientierungsdaten und Bildkoordinaten in der Bündelausgleichung. 13 Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Helsinki, Presented Paper Kommission V.
- /53/ *Wrobel, B.*, 1978. Kammerkalibrierung mit verknüpfenden Bildverbänden bei nicht formatfüllendem Testfeld. Symposium der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Stockholm, Presented Paper Kommission V.
- /54/ *Wrobel, B., Kruck, E.*, 1978. Paßpunktbesimmung an Fassaden durch Bündelblockausgleichung mit Bildern von Stereomeßkammern. 5.Internationales Symposium für Photogrammetrie in der Architektur und Denkmalfpflege, Sibenik, Presented Paper.
- /55/ *Ziemann, H.*, 1968. Réseau Photography - A Review. National Research Council of Canada, Ottawa.