

REKONSTRUKTION AUS HISTORISCHEN NICHT-MESSBILDERN

RESTIUTION OF HISTORICAL NON-METRIC IMAGES

Kay Uwe Hansch

Gesellschaft für technische Photogrammetrie, Stade

Institut für Photogrammetrie und Bildverarbeitung,
TU Braunschweig

Fed. Rep. of Germany

Commission V/1

Abstract

The procedure is presented to calibrate images of various non-metric cameras of one multi-station photogrammetric network without any knowledge of elements of the interior orientations. The existing fitting information itself is not sufficient to determine the interior orientation-parameters, and this is why, within the bundle adjustment, the possibility of an additional application of fictive observations is taken into consideration. Results of two calibration strategies in respect to the determination of object data are being examined.

Sommaire

L'article suivant présente le procédé de calibrer des photographies prises par plusieurs chambres non-métriques sans connaître les éléments des orientations internes. Les informations dont on dispose ne suffisent pas à estimer les paramètres des orientations internes. C'est pourquoi au cadre de la triangulation des faisceaux de rayons on se sert de la possibilité de prendre en considération des points de repère fictifs. Le résultat de deux stratégies de calibrage sera étudié à l'égard de l'estimation des coordonnées de l'objet.

Einleitung

Im Vordergrund von Wiederaufbaumaßnahmen an Hand historischer Aufnahmen steht die Bereitstellung von räumlichen Objektkoordinaten.

Dieser Artikel beabsichtigt, die Probleme der photogrammetrischen Auswertung von Nicht-Meßbildern unter dem Gesichtspunkt der effektiven Möglichkeiten der Strahlenbündeltriangulation aufzuzeigen.

Allgemeines zur Bündeltriangulation

Projektive Beziehungen zwischen Objekt und Bild gestatten grundsätzlich, jede fotografische Abbildung zu Meßzwecken zu verwenden. Die mathematische Beschreibung dieses geometrischen Zusammenhangs geschieht nach dem Modell der Zentralprojektion, wobei es allgemein üblich ist, den funktionalen Ansatz durch

Funktionen zu erweitern, mit denen sich systematische Bildfehler beschreiben lassen (Ebner 1976, Mauelshagen 1977, Grün 1978 und 1986, Jacobsen 1980, Wester-Ebbinghaus 1980).

Bedingt durch ihr großes Anwendungsspektrum, können für Lösungen im Bereich der Nahbereichsphotogrammetrie keine vollständig standardisierten Auswerteverfahren zur Verfügung gestellt werden. Somit kommt Triangulationsprogrammen mit einem allgemein formulierten Bündelansatz entscheidende Bedeutung zu. D.h., die Verarbeitung beliebig im Raum orientierter Strahlenbündel unter Einbeziehung zusätzlicher Beobachtungen (Strecken, Richtungen, Koordinatendifferenzen, Geradlinigkeitsbedingungen etc.) sollte möglich sein. Bei Aufgaben in der Nahbereichsphotogrammetrie können die Werte der inneren Orientierung meist nicht mit ausreichender Genauigkeit a priori angegeben werden (Peipe 1985). Es ist daher erforderlich, auch sie als zu schätzende Unbekannte in die Bündelgleichung einzuführen. Die damit geschaffene Möglichkeit zur Simultankalibrierung des Aufnahmesystems kann entweder mit Hilfe von geeigneten Beobachtungen im Objektraum (Paßpunkte, geometrische Beziehungen zwischen Objektpunkten, äußere Orientierung der Strahlenbündel) durchgeführt werden oder nur mit photogrammetrischer Information (Wester-Ebbinghaus 1986). Letztere Vorgehensweise ist nur bei ausreichender Konvergenz der Aufnahmerichtungen oder genügender Tiefengliederung des Objekts erfolgreich.

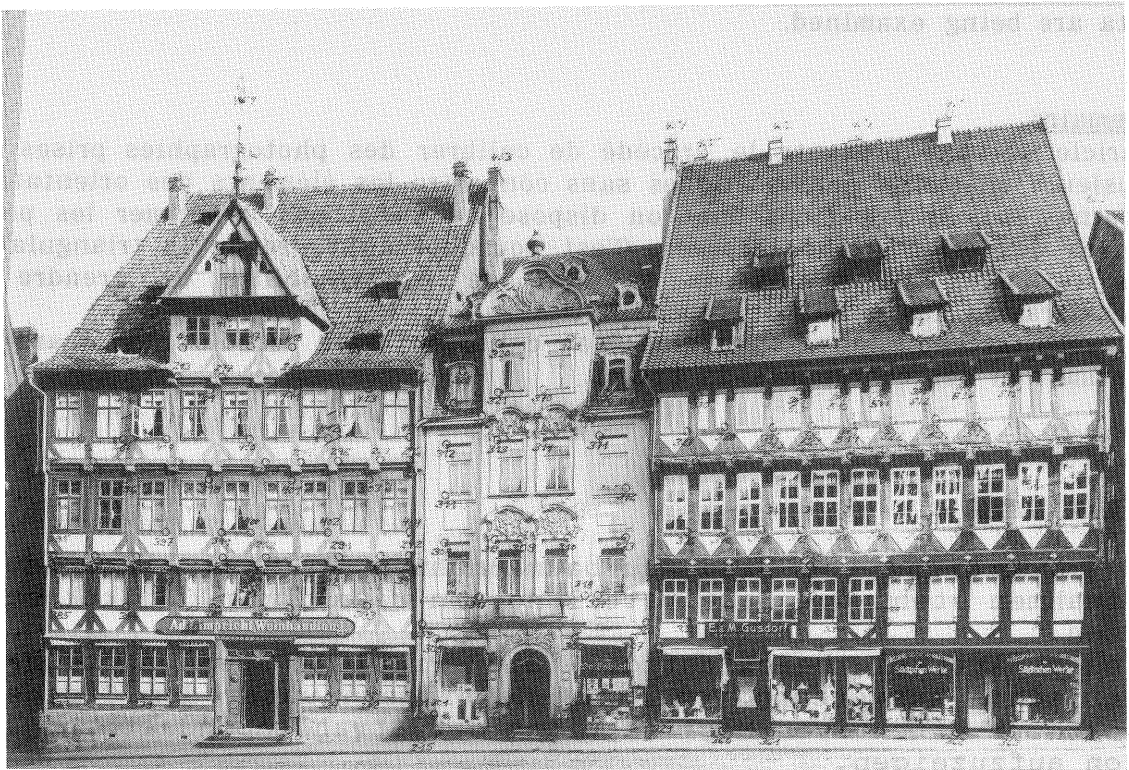


Abb. 1 Hildesheim (FRG), Nordseite des Marktplatzes

Projekt

Die durch Kriegseinwirkungen gänzlich zerstörten Bürgerhäuser am Marktplatz in Hildesheim (FRG) sollen so wieder aufgebaut werden, daß der Charakter des Platzes, wie er bis zum Zweiten Weltkrieg bestand, wieder deutlich wird. Bei der vorliegenden

Fassadenrekonstruktion handelt es sich um die Häuserzeile an der Nordseite des Platzes, bestehend aus drei Häusern (s. Abb.1 v.l.: Stadtschänke, Rokokohaus, Wollenwebergildehaus). Da die noch vorhandenen 'Bauleiterraufmaße' für den Wiederaufbau unzureichend waren, sollten die dafür benötigten Maße aus historischen Aufnahmen gewonnen werden.

Grundlage zur Herstellung von Konstruktionsunterlagen (insbesondere Fassadenpläne s. Abb.3) waren alte Fotografien, die in den Archiven verschiedener Dienststellen lagerten. Neben Amateuraufnahmen, teils im Original, teils nur noch als Papierabzug vorhanden, konnten auch mehrere großformatige Plattenaufnahmen im Institut für Denkmalpflege (Berlin, GDR) - der ehemaligen Preußischen Meßbildanstalt - verwendet werden (Meyer 1976). Besonders diese Aufnahmen, die zwischen der Jahrhundertwende und dem Zweiten Weltkrieg hergestellt worden waren, bildeten den Grundstock für die gesamten Arbeiten (Clasen 1987).

Die für die Wiederherstellung der ursprünglichen Fassaden notwendigen Maße sollten dem ausführenden Architekten in Plänen im Maßstab 1:50 mit allen Details zur Verfügung gestellt werden.

Problematik von Nicht-Meßbildern

Da es im Folgenden um die Behandlung von Nicht-Meßbildern geht, soll an dieser Stelle ihre besondere Problematik kurz umrissen werden (vgl. Grün 1976, Karara und Faig 1980).

- Es fehlen das Bildkoordinatensystem definierende Markierungen (Rahmenmarken, Réseau), die die Bildebene festlegen.
- Auf Filmebnung wird bei Nicht-Meßkammern kein besonderes Gewicht gelegt, weshalb mit erheblichen Bilddeformationen zu rechnen ist.
- Die Kammerkonstante und die Hauptpunktlage sind nicht nur unbekannt, sondern auch instabil von Aufnahme zu Aufnahme.
- Die Objektive von Nicht-Meßkammern weisen große und oft auch unregelmäßige Verzeichnung auf.

Mit erweiterten funktionalen Ansätzen im Modell der Zentralprojektion können diese Unzulänglichkeiten der Nicht-Meßbilder prinzipiell Berücksichtigung finden, wenn ausreichend Objekt-rauminformation vorhanden ist.

Bisher blieb ein Charakteristikum von Nicht-Meßbildern unerwähnt, das hinsichtlich ihrer photogrammetrischen Verwendbarkeit entscheidend ist: Nicht-Meßbilder werden nicht speziell zu photogrammetrischen Zwecken aufgenommen, sondern für dokumentarische Fragestellungen allgemeinerer Art, die den Ansprüchen einer photogrammetrischen Auswertung nur selten gerecht werden. Häufig liegt von dem auszuwertenden Objekt nur eine Aufnahme vor oder aber mehrere wurden nahezu vom selben Standpunkt aus aufgenommen.

Bündeltriangulation zur Objektrekonstruktion

Die numerischen Verfahren zur Bildauswertung bieten eine Reihe von Möglichkeiten zur Auswertung von Nicht-Meßbildern (siehe z.B. Grün 1985).

Auswerteverfahren, wie Thompson sie 1962 erfolgreich anwandte, um die explizite Bestimmung der inneren Orientierung der Aufnahmekammer zu umgehen, führen nur zum Erfolg, wenn das Objekt oder zumindest seine Umgebung zum Teil noch vorhanden sind.

Desgleichen ist die von Karara (*Karara und Faig 1980*) vorgeschlagene Vorgehensweise mittels direkter linearer Transformation (DLT) bei Fassadenrekonstruktionen wenig angebracht, da diese Technik bei Objekten mit geringer Tiefenausdehnung versagt (*Faig und Shih 1986*).

Für die Bearbeitung des Bildmaterials unter Ausnutzung einer Vielzahl von Objektinformationen in einem Ausgleichsprozeß (*Kager 1984*) bietet es sich an, alle vorhandenen Aufnahmen in einer Bündelblockausgleichung zusammenzufassen. Allerdings ist es dann erforderlich, die Elemente der inneren Orientierung der beteiligten Aufnahmesysteme explizit zu berechnen.

Die Problematik besteht darin, daß das aus historischen Aufnahmen photogrammetrisch zu rekonstruierende Objekt meist nicht in ausreichendem Maße mit nur einer Kamera abgelichtet wurde. Für die Bearbeitung von Nicht-Meßbildern im Rahmen der Bündellösung müssen daher Aufnahmen verschiedener Kammertypen (soweit überhaupt vorhanden) in die Auswertung einbezogen werden. Es handelt sich dann um Bildverbände mit kammervarianter innerer Orientierung.

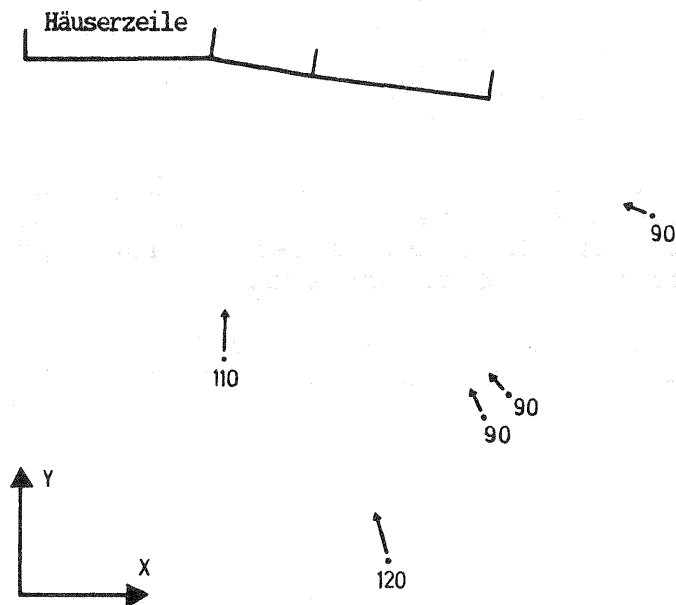


Abb. 2 Aufnahmeorte und -richtungen

90 : Kleinbildaufnahmen

110, 120 : Großformataufnahmen

Aufnahmematerial des gewählten Beispiels

Da die Originalnegative in den Archiven verbleiben sollten, stellten die betreffenden Dienststellen in Hildesheim und Berlin, GDR, transparente Kontaktkopien der Originalaufnahmen her. Im einzelnen wurden drei Diapositive einer Kleinbildserie

im Format 24*36 mm² (Stadtarchiv Hildesheim) und zwei großformatige Kopien von Glasplatten der Größe 16*22,5 cm² (Inst. f. Denkmalpflege, Berlin, GDR) zur Auswertung herangezogen. Denn im Laufe der Untersuchungen stellte sich heraus, daß die Einbeziehung von nur in Form von Papierabzügen vorliegenden Aufnahmen - wegen ihres beträchtlichen Qualitätsabfalls - keine Stabilisierung für die Berechnung bewirkte.

Indem das Bildmaterial zunächst monoskopisch ausgemessen wurde, war die Voraussetzung für eine Bündeltriangulation geschaffen. Mit ihr wurden ca. 120 Punkte auf der Häuserzeile koordinatenmäßig bestimmt. Die Detailauswertung konnte stereoskopisch aus den beiden großformatigen Bildern gewonnen werden, wozu die aus der Bündeltriangulation berechneten Daten für die Einpassung des Bildpaars notwendig waren.

Sowohl die monoskopische als auch die stereoskopische Messung erfolgte am Planicomp C100 im Hause der Gesellschaft für technische Photogrammetrie (GTP).

Der gewählte Bildverband bestand aus fünf Aufnahmen (s. Abb.2). Die Brennweiten der benutzten Aufnahmekammern waren nicht bekannt. Darüber hinaus mußte gerade bei den großformatigen Aufnahmen mit einer erheblichen Hauptpunktverschiebung gerechnet werden, da es in der Architekturfotografie damals üblich war, Kameras mit vertikal verschiebbaren Objektiven (Horizontverschiebung) zu verwenden.

Die lagemäßige Einpassung der Häuserzeile sowie der Maßstab konnten alten Katasterunterlagen entnommen werden. Relativ zuverlässige Maßstabsinformation lag daher nur in horizontaler Richtung am unteren Rand des Objekts vor. Die bereits erwähnten Bauleiteraufmaße bezogen sich überwiegend auf das Innere der Häuser. Ihre Übertragung auf die Außenfassaden konnte lediglich als Anhaltspunkt dienen, aber letztlich nicht zur Maßstabsdefinition beitragen.

Die Einführung zusätzlicher Beobachtungen in die Bündellösung sollte zum einen Maßstabsinformationen auch in obere Objektbereiche bringen und zum anderen der gesamten Fassade eine definierte dreidimensionale Lagerung geben. In besonderem Maße bot sich die regelmäßige Fachwerkstruktur der beiden äußeren Häuser an, um Ebenen- und Geradenbedingungen (horizontale, vertikale, parallele und senkrecht aufeinanderstehende Geraden) stützend in die Berechnung einfließen zu lassen. So konnten auf der ca. 40 m langen Häuserzeile Strecken zwischen 8,5 m und 15 m definiert werden. Mit der für die Dimensionen des Objekts verhältnismäßig großen Zahl von 80 zusätzlichen Beobachtungen, war der größte Teil der Objektpunkte an ergänzender Information beteiligt. Dies wirkte sich günstig auf die Bestimmung der Objektkoordinaten aus.

Die Objektinformation in der Bündellösung als zu schätzende Funktion mitzuführen, eröffnet die Möglichkeit, nicht nur die ein oder andere zusätzliche Beobachtung wegen Fehlinterpretation zu verwerfen, sondern jeder Beobachtung ein individuelles Gewicht zu geben. Im vorliegenden Fall wurden die eingeführten Beobachtungen entsprechend einem mittleren Fehler zwischen 1 mm und 7 cm gewichtet, um gebäudebedingte Widersprüche auszuschließen.

Tabelle I Ergebnisse der Bündelausgleichungen; Objektkoordinaten

Programm	m_x [m]	m_y [m]	m_z [m]	dx [m]	dy [m]	dz [m]
BINGO	.011	.024	.013	-	-	-
MOR-S	.012	.024	.013	.007	.013	.010

$m_{x,y,z}$: Quadratischer Mittelwert der mittleren Objektpunktfehler

dx,dy,dz : Mittlere quadratische Restabweichung der Objektkoordinaten beider Programme

Berechnungen

Die Berechnungen wurden mit dem Bündeltriangulationsprogramm BINGO (Kruck 1983) durchgeführt. (Genauigkeiten der ausgeglichenen Objektkoordinaten s. Tabelle I.)

In dem aus fünf Aufnahmen bestehenden Bildverband (Abb. 2) wurden für die Kleinbildaufnahmen einheitliche innere Orientierungsparameter und jeweils unterschiedliche für die beiden großformatigen Fotografien definiert. Die Simultankalibrierung dieser drei Kammern erstreckte sich auf die Ermittlung der Kammerkonstanten, Hauptpunktlagen und Parameter der radialsymmetrischen Verzeichnung (s. Tabelle II).

Für die großformatigen Bilder stellte sich eine Hauptpunktverschiebung in vertikaler Richtung von vier bzw. sechs Zentimetern ein.

Wegen der geringen Tiefenausdehnung der Häuserzeile lassen sich die Kammerkonstanten erwartungsgemäß nur mit einem relativ hohen mittleren Fehler bestimmen (s. Tabelle II), weil sie stark mit den Aufnahmeabständen korreliert sind (Wester-Ebbinghaus 1985).

Tabelle II Ergebnisse der Bündelausgleichungen; Innere Orientierungen

Programm	Kammer 90			Kammer 110			Kammer 120			dc
	m_c	m_{xH}	m_{yH}	m_c	m_{xH}	m_{yH}	m_c	m_{xH}	m_{yH}	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
BINGO	.30	.62	.41	2.93	.78	.64	3.75	1.81	.66	2.60
MOR-S	.28	.60	.42	2.56	.71	.59	2.48	1.25	.63	.33

m_c : Mittlerer Fehler der Kammerkonstanten

m_{xH} : Mittlerer Fehler der x-Koordinate des Bildhauptpunkts

m_{yH} : Mittlerer Fehler der y-Koordinate des Bildhauptpunkts

dc = $c_{110} - c_{120}$

Nachteil der gewählten Kalibrierungsstrategie ist, daß Meßunsicherheiten bei den großformatigen Aufnahmen - für die ja bildvariante innere Orientierungselemente definiert wurden - sich zum Teil auch in Verzeichnung niederschlagen können. Da die Vermutung naheliegt, daß diese beiden Aufnahmen mit derselben Kammer und mit demselben Objektiv aufgenommen worden sind, wurde deshalb untersucht, ob nicht Parameter der inneren Orientierung dieser Aufnahmen identisch sein könnten.

Das Bündeltriangulationsprogramm MOR-S (*Wester-Ebbinghaus 1985a, Hinsken 1985*) bietet bei der Kalibrierung mehrerer Kammer die Option, Unterschiede zwischen Parametern der inneren Orientierung als zu schätzende Beobachtungen einzuführen. Deswegen wurde der Bildverband mit diesem Programm erneut berechnet.

Da davon ausgegangen werden muß, daß bei den großformatigen Aufnahmen jeweils umfokussiert wurde, ist es nur sinnvoll Parameter der radialsymmetrischen Verzeichnung gleichzusetzen. Diese in die Ausgleichung eingeführte Bedingung ermöglichte, schwach bestimmbare Parameter der inneren Orientierung deutlich besser zu ermitteln. Dies gilt für die Kammerkonstanten der beiden Großformataufnahmen sowie für die X-Koordinate des Hauptpunkts einer dieser Aufnahmen. Darüber hinaus ist eine Annäherung beider Kammerkonstanten festzustellen. Bemerkenswert dabei ist, daß nicht etwa Werte bestimmt werden, die zwischen den zuvor ermittelten liegen, sondern es werden Kammerkonstanten berechnet, die um 2 mm bzw. 4,5 mm von den Ausgangswerten abweichen.

Während die berechneten Genauigkeiten für die Objektpunktkoordinaten unbeeinflusst blieben, veränderten sich die Neupunktkoordinaten gegenüber der Ausgleichung ohne gleichgesetzten Verzeichnungsparameter in der Größenordnung von 1 bis 2 cm. Hierbei ist in X-Richtung keine einheitliche Verschiebung festzustellen, aber in Aufnahmerichtung (Y) und entlang der Z-Koordinate. Die Abweichungen zwischen diesen beiden Punktfeldern liegen aber immer noch deutlich im Rahmen der ermittelten Fehlergrenzen, wobei die größten Differenzen an Punkten auftraten, die nur über zwei Bildstrahlen bestimmt wurden und relativ hohe mittlere Fehler bekamen.

Die Kalibrierung der im Bildverband beteiligten Aufnahmen diente zur simultanen Bestimmung der inneren Orientierungsparameter. Ihre Berechnung war nur unter Einbeziehung zusätzlicher Beobachtungen möglich, die aus dem Objekt selbst abgeleitet wurden.

In Anbetracht der geringen Tiefenausdehnung des Objekts sind die Elemente der inneren Orientierungen ausreichend genau bestimmt worden. Denn es zeigte sich, daß eine Versetzung der Kammerkonstanten um mehrere Millimeter, Veränderungen in den Objektkoordinaten weit unterhalb ihrer erzielten Genauigkeiten nach sich zogen (vgl. *Kotowski 1985*).

Diese nach der Bündeltriangulation vorliegenden Punkte an den Häusern sowie die ermittelten äußeren Orientierungen der Aufnahmeorte als auch die Parameter der inneren Orientierungen machten eine stereoskopische Auswertung mit beiden großformati-

gen Aufnahmen am Planicomp C100 (mit Zoomausgleich) möglich. Bereiche, die mittels stereoskopischer Auswertung nicht erfaßt werden konnten, waren aus der Bestimmung diskreter Einzelpunkte rekonstruierbar.

Zusammenfassung

Die beschriebene Vorgehensweise zur Rekonstruktion eines Objekts aus Nicht-Meßbildern ist eine Lösung, die in der Lage ist, alle das Objekt betreffenden Bilder in die Auswertung simultan einzubeziehen. Da für Nicht-Meßbilder im allgemeinen keine Vorabkenntnis über die Parameter der inneren Orientierungen vorliegt, müssen sie sukzessiv ermittelt werden. Ihre erzielbaren Genauigkeiten sind abhängig von den gegenseitigen Bildneigungen und der Tiefenausdehnung des zu rekonstruierenden Objekts (Wester-Ebbinghaus 1986).

Können Unterschiede zwischen Parametern der inneren Orientierungen mehrerer Kammern als beobachtbare Größen definiert werden, sollten sie in die Berechnungen einfließen, da sie stabilisierend auf die Bestimmung der Bildraumgrößen wirken.

Um systematische Verbiegungen des Bildverbands zu vermeiden, ist es zwingend notwendig, fingierte Beobachtungen in die Berechnungen einzuführen, zusätzliche Objektinformation also, die aus der Objektstruktur heraus abgeleitet wird. Sie leistet den entscheidenden Beitrag für die Stabilität des Bildverbands und garantiert die Plausibilität der Ergebnisse.

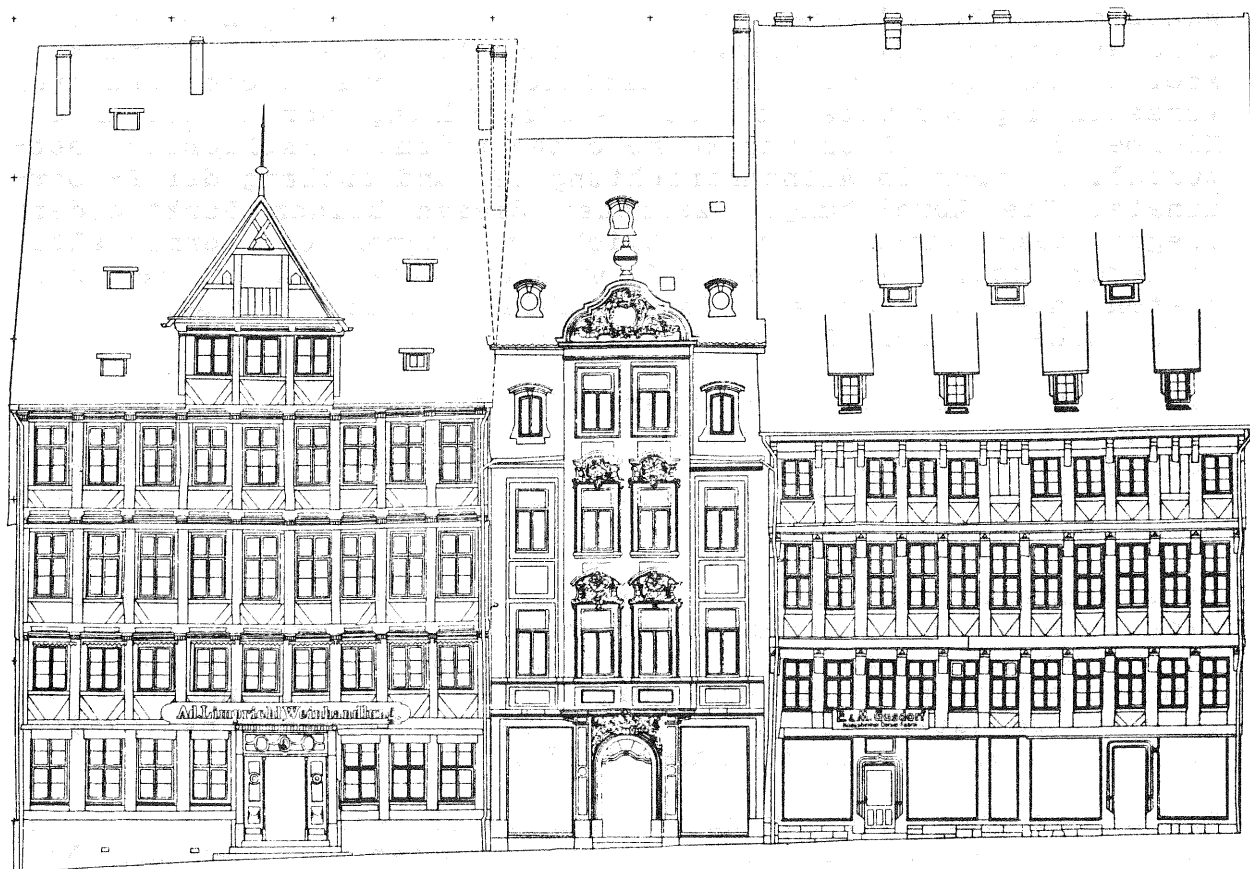


Abb. 3 Fassadenplan

LITERATUR

- Clasen, G. 1987, Analytische Nahbereichsphotogrammetrie in der Praxis, 41. Photogrammetrische Woche an der Univ. Stuttgart, Schriftenreihe Heft 12.
- Ebner, H. 1976, Self-Calibrating Block Adjustment, Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Helsinki, Invited Paper für Kommission III.
- Faig, W. und Shih, T.Y. 1986, Critical Configuration of Object Space Control Points for the Direct Linear Transformation, Symposium der Kommission V der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Ottawa.
- Grün, A. 1976, Photogrammetrische Rekonstruktion aus Amateur-aufnahmen, Architekturphotogrammetrie II, (Arbeitsheft 17), Landeskonservator Rheinland, Bonn.
- Grün, A. 1978, Progress in Photogrammetric Point Determination by Compensation of Systematic Errors and Detection of Gross Errors, Symp. der Kom. II der Int. Ges. für Photogrammetrie, Moskau.
- Grün, A. 1985, Data Processing Methods for Amateur Photographs, Photogrammetric Record 11 (65).
- Grün, A. 1986, Photogrammetrische Punktbestimmung mit der Bündelmethode, Mitteilungen Nr. 40 des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie an der ETH Zürich.
- Hinsken, L. 1985, MOR-S: Ein Anwendungsbeispiel für die Sparse-Technik in einem photogrammetrisch-geodätischen Netzausgleichungsprogramm, Zeitschrift für Vermessungswesen 9/110.
- Jacobsen, K. 1980, Vorschläge zur Konzeption und zur Bearbeitung von Bündelblockausgleichungen, Wiss. Arb. Fachr. Verm.wesen Univ. Hannover, Nr 102.
- Kager, H. 1984, Single Image Stereogrammetry, Kongreß der Int. Ges. für Photogrammetrie und Fernerkundung, Rio de Janeiro, Presented Paper für Kommission V.
- Karara, H.M. und Faig, W. 1980, An Exposé on Photographic Data Acquisition Systems in Close-Range Photogrammetry, Kongreß der Int. Ges. für Photogrammetrie und Fernerkundung, Hamburg, Invited Paper für Kommission V.
- Kotowski, R. 1985, Basilika di San Francesco - Ein Beispiel zur simultanen Feldkalibrierung mehrerer Aufnahmesysteme, Tagung "Kammerkalibrierung in der photogrammetrischen Praxis", Bonn 1985, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Nr. 275, München.

- Kruck, E. 1983, Lösung großer Gleichungssysteme für photogrammetrische Blockausgleichungen mit erweitertem funktionalem Modell, Wiss. Arb. Fachr. Verm.wesen Univ. Hannover, Nr. 128.
- Mauelshagen, L. 1977, Teilkalibrierung eines Photogrammetrischen Systems mit variabler Paßpunktanordnung und unterschiedlichen deterministischen Ansätzen, Dissertation Bonn, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft 236, München.
- Meyer, R. 1976, Die Photogrammetrie in der Denkmalpflege der DDR, Architekturphotogrammetrie II, (Arbeitsheft 17), Landeskonservator Rheinland, Bonn.
- Peipe, J. 1985, Simultankalibrierung einer Teil-Meßkammer - Ein Anwendungsbeispiel aus dem Fahrzeugbau, Tagung "Kammerkalibrierung in der photogrammetrischen Praxis", Bonn 1985, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Nr. 275, München.
- Thompson, E.H. 1962, Photogrammetry in the Restauration of Castle Howard, Photogrammetric Record, pp 94-116.
- Wester-Ebbinghaus, W. 1980, Photographisch-numerische Bestimmung der Verzeichnung eines optischen Systems, Optik 9.
- Wester-Ebbinghaus, W. 1985, Verfahren zur Feldkalibrierung von photogrammetrischen Aufnahmekammern im Nahbereich, Tagung "Kammerkalibrierung in der photogrammetrischen Praxis", Bonn 1985, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Nr. 275, München.
- Wester-Ebbinghaus, W. 1985a, Bündeltriangulation mit gemeinsamer Ausgleichung photogrammetrischer und geodätischer Beobachtungen, Zeitschrift für Vermessungswesen 3/110.
- Wester-Ebbinghaus, W. 1986, Analytische Kammerkalibrierung, Symposium der Kommission V der Int. Ges. für Photogrammetrie und Fernerkundung, Ottawa.