

Architekturphotogrammetrie - vom Fassadenplan zur Visual Reality

Klaus Hanke
Institut für Geodäsie, Universität Innsbruck

Wenn man Prof. Waldhäusl kennt, so ist es nicht verwunderlich, daß sich mehrere Vorträge dieses heutigen Kolloquiums mit dem Thema "Architekturphotogrammetrie" befassen.

Einige unter Ihnen werden sich aber vielleicht fragen: Was ist an der Architekturphotogrammetrie so Besonderes, daß man sie zum zentralen Anliegen seiner jahrelangen Forschungs- und Lehrtätigkeit, ja weit darüber hinaus, zu seiner Berufung macht? Ich werde im folgenden versuchen, diese Frage zu beantworten, wenngleich mir das als ebenfalls Betroffenen sicher nur sehr subjektiv gelingen wird. Anschließend möchte ich aktuelle Entwicklungen in diesem Fachbereich aufzeigen.

1. Versuch einer Definition und Abgrenzung

Vorausgeschickt muß werden, daß die Architekturphotogrammetrie ein sehr weites und nur unscharf abgegrenztes Gebiet umfaßt. Im Zusammenhang mit hochgenauen Anwendungen im Bauwesen (z.B. im Fertigteilbau oder bei Deformationsmessungen an Bauwerken) ist sie von einer fernerkundlichen Meßmethode der Ingenieurgeodäsie nicht zu trennen.

Gehören Skulpturen oder Statuen noch zur Architektur oder ist das schon Kunstgeschichte? Hier verschwimmt auch oft die Grenze zwischen Freilichtmuseum und Bauwerk und somit auch deren Dokumentation.

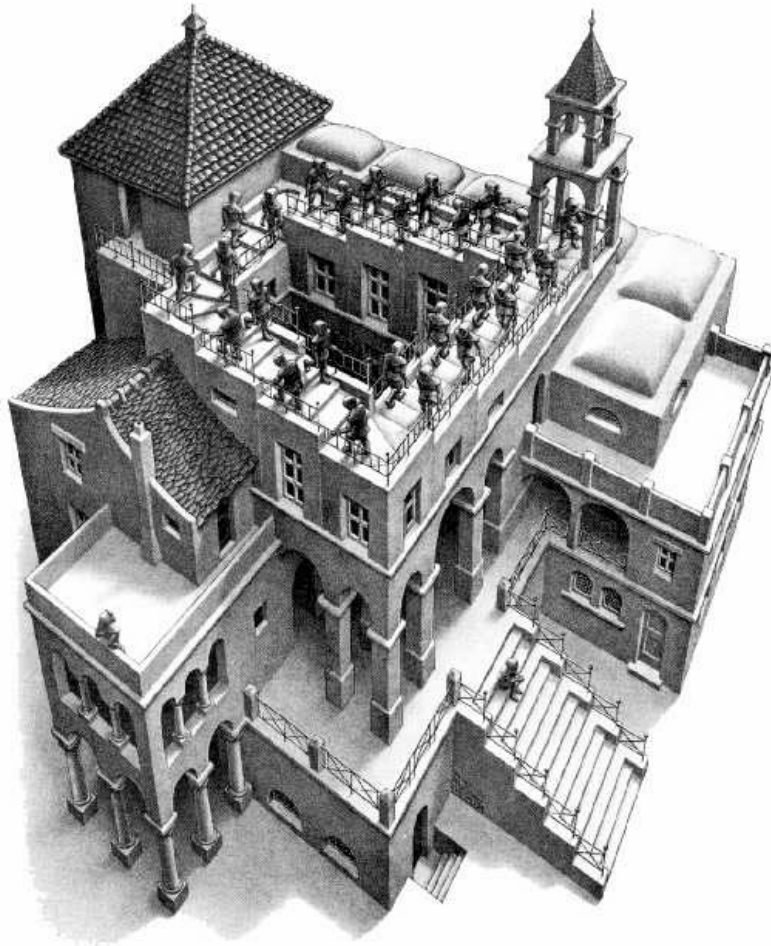
Im historischen Kontext grenzt sie an die archäologische Grabungsdokumentation oder, deutlicher gesagt, die Anwendungen in der Archäologie werden oft stillschweigend vereinnahmt.

Andererseits ist Architekturphotogrammetrie ein sehr fachübergreifendes Unterfangen. Sie wird nie Selbstzweck sein und enge Kooperation mit den relevanten Nachbardisziplinen wie Baukunst, Baugeschichte, Archäologie und Denkmalpflege ist unumgänglich. Diese Zusammenarbeit stellt außerdem durchaus einen wesentlichen Reiz dieses Gebietes dar und holt den - in nüchternen Zahlen denkenden - Vermessungsingenieur in einen künstlerischen und kunsthistorischen Kontext.

Der Zweck einer photogrammetrischen Bauaufnahme kann ebenso vielfältig sein. Er reicht von der vorsorglichen oder begleitenden Dokumentation des kulturellen Erbes bis zur Schaffung präziser geometrischer Grundlagen für Renovierung und Revitalisierung von historischen Gebäuden. In ihrer Bedeutung und in ihrem Anteil an den Anwendungen hat die Visualisierung der gebauten Wirklichkeit stark zugenommen. Für sie wurde sogar ein neuer Begriff geprägt: "Visual Reality". Die Visualisierung von geplanten Bauten liefert, besonders in architektonisch sensibler Umgebung, die notwendige Diskussionsgrundlagen für Entscheidungsträger und besorgte Bürger.

Der zweite Teil des Wortes Architekturphotogrammetrie scheint vorerst bekannt zu sein. Und doch unterscheidet sie sich in einigen Punkten klar von Anwendungen in der Luftbildmessung. Von dieser trennt sie wesentlich die „echte“ Dreidimensionalität der Architekturobjekte. Geländeoberflächen dagegen lassen sich weitestgehend als Funktionen der Grundrißkoordinaten verwalten (man nennt das bezeichnenderweise dann 2½-dimensional). Die Berücksichtigung von antropogenen "Kunstabauten" spielt erst bei großmaßstäblichen Orthophotos eine Rolle. Das bedeutet, daß es im Luftbildfall im allgemeinen kein Hinten und Vorne, kein Innen und Außen, und natürlich kein Von-unten und schon gar kein Dazwischen eines Objekts gibt.

Einen, wenn auch bewußt überhöht-skurilen, Eindruck von dieser Komplexität soll dieses Bild von M.C. Escher geben. Wobei dessen zusätzliche Problematik allerdings auch die Architekturphotogrammetrie nicht gänzlich zu lösen vermag.



Darüber hinaus ist in der Architekturphotogrammetrie der Bildinhalt, der ausgewertet werden soll, nicht immer einheitlich definiert. Sind es in der Luftbildmessung vorwiegend Höheninformationen und Linienobjekte, wie Flüsse und Straßen sowie Kunstbauten, so haben wir es in der Architekturphotogrammetrie mit Ornamenten, Mosaiken, komplexen Flächen und schwer erfaßbaren bzw. automatisierbaren Strukturen zu tun, die häufig nur durch manuelles Eingreifen des Operateurs (oft erst nach Absprache mit dem Auftraggeber oder gemeinsam mit ihm) identifiziert und räumlich bestimmt werden können.

Auch wird, anders als bei Luftbildern, ein großer Teil der Aufnahmen hoffentlich überhaupt nie ausgewertet werden müssen, sondern dient nur der Dokumentation für den Fall einer Zerstörung. Dies wirkt sich natürlich auf die Kostenbereitschaft der Auftraggeber ganz wesentlich aus.

2. Historischer Rückblick

Die Architekturphotogrammetrie wurde etwa um 1858 vom preußischen Architekten Albrecht Meydenbauer als "Meßbildkunst" eingeführt. Er erkannte (nach einem Beinahe-Absturz vom Baugerüst anlässlich einer Bauaufnahme des Domes von Wetzlar) bereits den Vorteil einer fern-erkundlichen Meßmethode und propagierte sie fortan. Die folgenden Jahrzehnte sahen einen Schulenstreit zwischen Meßtisch und Stereoauswertung, wobei einige Österreicher (ich nenne nur exemplarisch die Namen Dolezal, Ackerl und Foramitti) einen maßgeblichen Beitrag zur Weiterentwicklung der Methodik und ihrer Verbreitung als anerkannte Methode der Bauaufnahme leisteten.

In dieser Zeit kamen bei der photogrammetrischen Aufnahme von Baudenkmalen nahezu verzeichnungsfrei abbildende, großformatige Meßkameras zum Einsatz, oft schwere, unhandliche Stereokameras mit fixer Basis, die jedoch auf zerbrechlichen Glasplatten geringer Lichtempfindlichkeit aber hoher Auflösung, hochpräzise Meßbilder analog abbilden konnten. Das vorrangige Ergebnis dieser Technologie waren Fassadenpläne, also 2-dimensionale Strichzeichnungen oft hoher graphischer Qualität, und analoge, meist photographische Entzerrungen von Meßbildern, solange das Objekt nur eben genug war.

In den letzten 30 Jahren kam es zu gewaltigen Umwälzungen in der Aufnahmetechnik und den Auswertestrategien. Einerseits war es die sogenannte Expeditions-Photogrammetrie, die nach leichteren und handlicheren Geräten suchte, andererseits führte der Übergang zu analytischen Auswertegeräten zur Entwicklung sogenannter "Teilmeßkammern". Diese waren meist aus Serienkameras abgeleitete Geräte, bei denen die unzulängliche physikalische Realisierung der perspektiven Abbildung, oder doch ihre fehlende Konstanz, durch softwaremäßige Korrektur ausgeglichen bzw. berücksichtigt werden konnte. Wurden die Kameraparameter anfänglich noch durch prä- oder postoperative Kalibrierung ermittelt, so wurde später die "Calibration-on-the-job" häufig zum integrierten Bestandteil einer Aufnahmeplanung und ermöglichte in der Folge die geometrische Auswertung der Photos von unkalibrierten oder a priori unbekanntem Kameras.

Der dringende Bedarf nach der Auswertung von Amateurbildern entstand auch aus der Notwendigkeit, infolge verschiedener Katastrophen und Kriegshandlungen zerstörte Kulturdenkmäler zu rekonstruieren. Der Brand der Wiener Hofburg, des "Teatro La Fenice" in Venedig, von Windsor Castle, die kriegsbedingten Zerstörungen auf dem Balkan und die Erdbebenkatastrophen der letzten Wochen zeigen die Bedeutung von Verfahren, Amateuraufnahmen und sogar Amateurvideos zur geometrischen Auswertung heranzuziehen. Professionelle photogrammetrische Dokumentationen liegen weltweit nur von sehr wenigen, außergewöhnlich bedeutenden Bauwerken vor. Amateuraufnahmen von Touristen oder engagierten Bürgern hingegen sind naturgemäß weitaus verbreiteter. Insgesamt kann man diese Entwicklung als Verlagerung der eingesetzten Intelligenz und des Aufwands von der Hardware zur Software beschreiben.

Es war Peter Waldhäusl, der im Rahmen des CIPA, des Internationalen Komitees für Architekturphotogrammetrie, mit dem Testprojekt "Otto-Wagner-Pavillon Karlsplatz Wien" den Beweis führte, daß solche Amateuraufnahmen unter bestimmten Rahmenbedingungen und mit geeigneter Bündelausgleichungssoftware für photogrammetrische Auswertungen herangezogen werden und zu brauchbaren Ergebnissen führen können. Seine Botschaft lautete: "Architectural Photogrammetry, world-wide and by anybody with non-metric cameras"

3. Der Weg zum "digitalen Photomodell"

Die digitale Photogrammetrie fügt seit einigen Jahren dieser Entwicklung neue Möglichkeiten hinzu. Ursprung der Bilder sind digitale Kameras oder gescannte Photographien. Einerseits ist es wieder die Ableitung aus Serienkameras, die, versehen mit digitalen Rückteilen und Speicherkarten, es gestatten, die bekannten Methoden der Photographie und auch das Zubehör weitestgehend beizubehalten. Andererseits bietet diese Technologie neue Konzeptionen und Möglichkeiten, wie Vorort-Betrachtung der Photos, Trennung des Kameraobjektivs von der Speichereinheit mit ganz neuen Anwendungsmöglichkeiten, die Fernübertragung der Bilddaten mittels Telefon, die Kombination mit GPS etc. Die verfügbare Auflösung reicht derzeit von etwa 1,6 Millionen Bildpunkten bei digitalen "Amateurkameras" bis zu 16 Millionen Pixel und mehr bei digitalen Rückteilen zu professionellen Mittelformatkameras. Damit haben die Digitalkameras bereits beinahe die Auflösung des analogen Films erreicht.

Auch bei der Auswertung zeigen sich die Stärken der Digitalphotogrammetrie. Teure analytische Stereoauswertegeräte werden durch allgemein verfügbare PCs abgelöst. Die digitalen Methoden der Mustererkennung und Bildkorrelation unterstützen den Auswerter weitgehend bei der Herstellung der inneren und äußeren Orientierung des Bildverbandes.

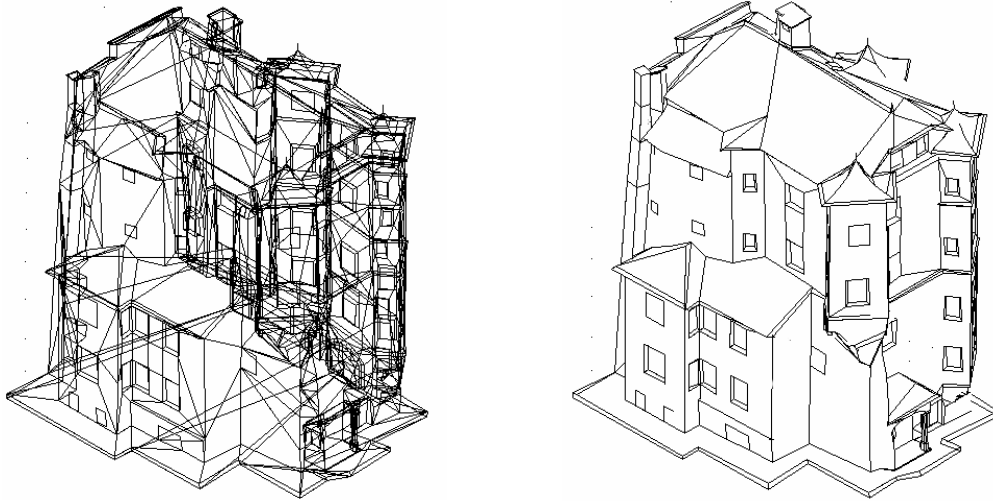
Die automatische Auswertung des gesuchten Bildinhalts bereitet in der Architekturphotogrammetrie jedoch einiges Kopfzerbrechen. Wie bereits erwähnt, ist der auszuwertende Inhalt nicht immer so klar definiert und somit auch oft nur selten algorithmisch beschreibbar. Die Lösung liegt für mich in einer Dualität der digitalen Auswertung. Wenn es gelingt, die Geometrie (also begrenzende Linien und Flächen) eines Architekturobjekts räumlich zu rekonstruieren, können alle Details auf der Oberfläche durch anschließendes Aufbringen von Textur aus den Originalphotos ergänzt werden. Wenn der Auswerter in den Photos nach geometrischen Primitiven, wie Geraden, Kreisen, Ebenen, Zylindern, sucht, kann er dabei weitestgehend durch Bildverarbeitung unterstützt werden. Man kann recht gut eine ökonomische Bestimmung der Gebäudeoberfläche durch Integration von geometrischer, topologischer und semantischer Information erzielen. Die anschließende Aufbringung der Photo-Textur garantiert schlußendlich die Vollständigkeit und Objektivität der Details.

Meine Gruppe an der Universität Innsbruck hat in den letzten Jahren einen Ansatz entwickelt, der unter der Bezeichnung "digitaler Projektor" bekannt wurde.

Da die Rekonstruktion objektbezogen durchgeführt wird, ergeben sich keine Probleme bei der Kombination unterschiedlichster Bilder desselben Objekts. Die Einbindung von Nahaufnahmen für interessante Details in höherer Auflösung oder von Übersichtsaufnahmen für benachbarte Objekte mit ausschließlichem „Umgebungscharakter“ in geringerer Auflösung ist dabei genauso problemlos möglich wie eine Kombination von Innen- und Außenschale eines Bauwerkes.

Der Vorgang der Rekonstruktion eines Objekts als "digitales Photomodell" zerfällt in 2 Schritte: Im ersten wird die innere und äußere Orientierung der Aufnahmekamera sowie ein - den Anforderungen entsprechend detailliertes - Liniengerüst der Bauwerksumrisse und markanten Flächenbegrenzungen bestimmt. Um eine möglichst homogene Lösung des Gesamtbauwerkes zu erzielen, werden diese Elemente mittels photogrammetrischer Bündelausgleichung berechnet. Innerhalb einer CAD-Umgebung wird das Liniengerüst überarbeitet und gegebenenfalls ergänzt, wobei auch zusätzliche geometrische Informationen einfließen können. Das 3D-Modell wird anschließend durch Definition von Flächen zwischen diesen Strukturlinien geschlossen. Das so entstandene Flächenmodell kann dabei je nach Aufgabenstellung einen ganz verschieden hohen Detaillierungsgrad aufweisen.

Für den zweiten Schritt dient dieses Flächenmodell des Objekts als „Projektionsfläche“. Ähnlich wie bei der Diaprojektion werden einzelne ausgesuchte Photos in einem Raytracing Programm auf das



erzeugte Flächenmodell zurück projiziert. Diese „digitalen Projektoren“ besitzen dieselbe innere und äußere Orientierung wie die verwendeten Kameras.

Das Ergebnis ist ein vollständiges, dreidimensionales Computermodell des Bauwerks, ein sogenanntes "Photomodell".



Fassadenpläne, Ansichten, Abwicklungen oder Profile sind nur abgeleitete Visualisierungen eines global ausgewerteten und verwalteten Datenbestandes des Gebäudes. Die Art der nachfolgenden Nutzung dieser Daten ist damit weitgehend noch nicht präjudiziert, die Darstellung bleibt dem Endbenutzer der Daten überlassen. Die Verknüpfung des "Photomodells" mit beliebigen Sachdaten erlaubt die Einbindung in Gebäude-, Monument- oder Grabungsinformationssysteme. Die Verbindung mit digitalen Geländemodellen und geokodierten Luftbildern macht die Einbettung eines Objekts in die natürliche Umgebung möglich. Der Übergang zum digitalen Stadtmodell ist aus dieser Sicht nur eine Frage des Maßstabs, d.h. der Generalisierungsmöglichkeiten des Datenmodells.

4. Ausblick

Über diese hier kurz angeklungenen Entwicklungen hinaus kommen gänzlich neue Technologien auf die Architekturphotogrammetrie zu. Bei der Datenerfassung sind dies jedenfalls die Laserscanner, die vor allem bei geometrisch schwierig zu beschreibenden Oberflächen im extremen Nahbereich (z.B. Skulpturen, Kapitelle) weitgehend automatisch eine hohe Punktdichte des geometrischen Modells und zusätzlich auch noch die dazugehörige Textur liefern können. Bezüglich der Visualisierung möchte ich auf die Möglichkeiten der Panoramaphotographie verweisen, die aussagekräftige Darstellungen von architektonischen Zusammenhängen liefern kann.

Die interaktive Auseinandersetzung mit Architekturobjekten wird durch den Einsatz von VRML möglich, einer Beschreibungssprache für räumliche Strukturen, die dem Betrachter die Wahl des Standpunkts und des Ausschnitts überläßt und zudem die Objekte noch begehbar macht. Das virtuelle Museum ist damit zum Greifen nahe.

Ich habe versucht, mit Ihnen einen sehr persönlich gefärbten Streifzug durch die Geschichte und Entwicklung der Architekturphotogrammetrie zu machen. Diese Entwicklung wird wesentlich durch das Internationale Komitee für Architekturphotogrammetrie CIPA, vorangetrieben. Prof. Waldhäusl ist sein derzeitiger Präsident. Ich wünsche ihm in dieser Funktion über seine Emeritierung hinaus noch viele weitere Jahre des erfolgreichen Wirkens.

Literatur

- Hanke, K., The Photo CD - A Source and Digital Memory for Photogrammetric Images. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXX, Part 5, Melbourne, Australia, 1994.
- Hanke, K., Ebrahim, M. A.-B., A General Approach for Object Oriented 3D-Mapping in Digital Close Range Restitution. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXI, Part B5, Wien, 1996.
- Hanke, K.: Die digitale Photogrammetrie als Werkzeug der Architekturbildmessung. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Heft 2 /1996.
- Kraus, K., Qualitätssteigerung photogrammetrischer Produkte mittels digitaler Bildverarbeitung. Zeitschrift für Vermessungswesen, 118. Jahrgang, Heft 8/9, 1993 S.403-407.
- Streilein, A., Videogrammetry and CAAD for Architectural Restitution of Otto-Wagner-Pavillion in Vienna. In: Grün/Kahmen (Eds.) : Optical 3D-Measurement Techniques III, Vienna. Wichmann, 1995
- Waldhäusl, P., Defining the Future of Architectural Photogrammetry. Invited Paper. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXX, Part B5, Washington DC, 1992.