Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation 1/2004, S. 59–64, 4 Abb.

Das Projekt „Die Kirchen von Siena“

ANDREAS BRUSCHKE, Dresden, JÜRGEN PEIPE, Neubiberg & DETLEV WOYTOWICZ, Essen

Die folgenden Kolleginnen und Kollegen waren an den Arbeiten in Siena beteiligt und sind daher im Grunde Mitautoren dieses zusammenfassenden Berichts: ANDREAS DREES, MANFRED FELLBAUM, KAY UWE HANSCH, THOMAS HAU, STEFFI HOFMANN, RÜDIGER KOTOWSKI, ALFONS MEID, HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, WOLFGANG RIECHMANN, HEINER RÖßMANN, HANS-ULRICH SCHULZ, GERTRUD TERBRACK.

Keywords: architectural photogrammetry, semi-metric camera, bundle adjustment, as-built documentation, Churches of Siena

Zusammenfassung: Es wird über die Entwicklung eines von W. WESTER-EBBINGHAUS initiierten Konzepts zur photogrammetrischen Vermessung von Großbauwerken berichtet.

Summary: *The „Churches of Siena“ project*. The development of a concept for the photogrammetric survey of large architectural objects initiated by W. WESTER-EBBINGHAUS is reported on.

1 Die Anfänge

WILFRIED WESTER-EBBINGHAUS schätzte die italienische Kultur und Lebensart. So lag es nahe, die Photogrammetrie zur Dokumentation von Kulturgütern in Italien einzusetzen. Wichtig und typisch für WESTER-EBBINGHAUS war, wie dabei das Objekt, das es aufzunehmen und auszumessen galt, in Wechselwirkung trat mit der Lösung dieser Aufgabe, d. h. Geräte und Verfahren wurden sozusagen „im Dialog mit dem Objekt“ entworfen und zum Teil auch verwirklicht. Dies gilt insbesondere für die stets an der Praxis orientierte Entstehung der Teilmesskamera und die Entwicklung der kombinierten Ausgleichung inklusive der simultanen Kamerakalibrierung. Hinzu kam das große Interesse, das WESTER-EBBINGHAUS an der Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlern und Praktikern hatte, vor allem auch im Bereich Architektur, Bau- und Kunstgeschichte.

Die Arbeiten in Italien begannen 1976 mit der Aufnahme des Baptisteriums S. Giovanni in Florenz (WESTER-EBBINGHAUS 1978). Als Kamera wurde eine Mittelformat-Messkamera Wild P32 verwendet, in die als Sonderanfertigung eine Glasplatte mit 18 Réseaukreuzen eingebaut war, um mit handelsüblichem Rollfilm arbeiten zu können. Die frei stationierten Messaufnahmen wurden in einem Rundum-Bildverband zusammengefasst. Die Objektpunktbestimmung erfolgte „in einem Guss“ mit dem Bonner Bündelausgleichungsprogramm BOBUE (MAUELSHAGEN 1977). Auf Passpunkte wurde verzichtet, lediglich einige Strecken wurden vor Ort gemessen und das Gebäude mittels fiktiver Beobachtungen im Objektraum horizontiert.

An diesem Projekt lassen sich die Vorstellungen von WESTER-EBBINGHAUS zur photogrammetrischen Bauaufnahme bereits deutlich erkennen: Minimaler Aufnahmeaufwand (keine schwere photogrammetrische

1432-8364/04/2004/0059 $ 1.50
© 2004 DGPF / E. Schweizerbart’sche Verlagsbuchhandlung, D-70176 Stuttgart

oder geodätische Messausrüstung), Nutzung numerischer Verfahren (Eliminierung von Bilddeformationen, Verzeichnungskorrektur, Bildtriangulation durch Bündelausgleichung) zur Erstellung eines räumlichen Punktfeldes (präzises Punktgerüst zur Orientierung nachfolgender Detailvermessung). Die Erfahrungen mit diesem und anderen Projekten (z. B. Aufnahme der Sehzade Moschee in Istanbul, ebenfalls mit der Wild P32) führten WESTER-EBBINGHAUS bekanntlich zum Entwurf der Teilmesskamera Rolleiflex SLX mit ihren erweiterten Möglichkeiten. Das Baptisterium in Florenz wurde mit dieser neuen Kamera nochmals aufgenommen und die Ergebnisse wurden verglichen (WESTER-EBBINGHAUS 1981).

Die Kampagnen in Italien wurden 1979 fortgesetzt, jetzt in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Kunsthistorischen Institut in Florenz, das sich die Erforschung und Darstellung der Kirchen von Siena zum Ziel gesetzt hatte. Da die Einrüstung solch großer Kirchenbauten nicht praktikabel ist, sollten die Ansichtspläne photogrammetrisch erstellt werden. WESTER-EBBINGHAUS nutzte diese Gelegenheit zur Weiterentwicklung der photogrammetrischen Methodik.

2 Ein Konzept entsteht

Bei der photogrammetrischen Aufnahme der Kirchen San Agostino, San Domenico, San Francesco und des Doms von Siena wurde im Laufe der Jahre ein Konzept entwickelt, das durch den Einsatz von Teilmesskameras und numerischer Bildauswertung zugleich wirtschaftlich ist und flexibel an die Gegebenheiten vor Ort angepasst werden kann (KOTOWSKI et al. 1983, 1988 und 1989). Die wesentlichen Inhalte dieses Konzepts sind:

- geringer personeller und instrumenteller Aufwand (leichte Kamera mit relativ großem Bildformat und professioneller Phototechnik wie z. B. Wechselobjektive, Rollfilm, automatische Abläufe),
- flexible Kamerapositionierung wegen z. T. ungünstiger topographischer Verhältnisse (steiles Gelände; kleine und sehr große Aufnahmeentfernungen; Bilder von exponierten Standpunkten für Überblick in bebautem Gebiet), Einsatz stark unterschiedlicher Brennweiten der Kamera

Abb. 1: Messbild der Kirche San Francesco in Siena.

Abb. 2: WESTER-EBBINGHAUS bei der Aufnahme des Doms von Siena.

(hier: 40 mm bis 1000 mm der Rollei SLX), um geeignete Bildmaßstäbe zu erhalten,
- Aufnahme von Rundum-Bildverbänden aus konvergenten und Stereoaufnahmen, die durch Bildtriangulation miteinander verknüpft werden. Bildverbände im Innen- und Außenraum eines Gebäudes werden durch gemeinsame Punkte in den Fenstern verbunden,
- Objektinformation, notwendig für die Bestimmung des Maßstabs und die Horizontierung des Bildverbandes, wird vor Ort mit minimalen Mitteln bestimmt. Vorzugsweise werden Strecken und Höhenunterschiede beobachtet, hinzu kommen Richtungen, Winkel, Richtungsbündel u.a., um das Instrumentarium der kombinierten Ausgleichung zu erweitern und zu testen. Passpunktmessung vor Ort findet nicht statt,
- simultane Kamerakalibrierung im Rahmen der Berechnungen zur Objektrekonstruktion, um die Bestimmung von Passinformation für eine Feldkalibrierung zu vermeiden und
- das durch Bündelausgleichung ermittelte Objektpunktfeld dient als Rahmen für die nachfolgende Detailauswertung mit Hilfe von Stereomodellen.

3 Der Dom von Siena

Das zuvor beschriebene Konzept wurde auch bei der photogrammetrischen Vermessung des Doms von Siena angewendet. Allerdings – und das ist bei den riesigen Dimensionen des Gebäudes klar – in einem ganz anderen Rahmen als bisher. Die finanzielle Grundlage für die Arbeiten bildete ab 1989 ein vom BMFT gefördertes Forschungsprojekt „Photogrammetrische Bauaufnahme und Darstellung des Doms in Siena“. Über die Planherstellung hinaus sollten digitale Entzerrungen, digitale Orthophotos und digitale Objektmodelle generiert werden mit dem Ziel, alle Informationen in einem CAD System zu sammeln und darzustellen. Hierzu gehörten auch geodätische Messungen und eine Vielzahl ergänzender konventioneller Bauaufnahmen, erhalten durch Handaufmaß. Für diesen letztgenannten Teil des Projekts waren im Wesentlichen die Professoren W. Haas, Fachgebiet Baugeschichte der TH Darmstadt, und D. von Winterfeld vom Kunstgeschichtlichen Institut der Universität Mainz verantwortlich.

Es ist klar, dass die im direkten Kontakt mit dem Bauwerk vorgenommene Handmessung einen hohen Stellenwert besitzt, wenn es auf Baubeobachtung und Analyse der Baubefunde ankommt. Da die Photogrammetrie für die geometrisch zutreffende Darstellung des Bauwerks sorgt, ist ein Zusammenwirken von Photogrammetern/Geodäten einerseits und Architekten/Bauforschern/Kunsthistorikern andererseits die ideale Lösung. Insgesamt gesehen war es das ehrgeizige Ziel des Forschungsprojekts, durch die Integration der unterschiedlichen Messverfahren ein allgemein für die kommerzielle Bauaufnahme nutzbares, operationelles System zu verwirklichen.

Der Tod von Wester-Ebbinghaus im Jahre 1993 bedeutete natürlich einen erheblichen Einschnitt, eigentlich das Ende des Projekts, zumal der Lehrstuhl in Braunschweig nicht mehr weitergeführt wurde. Dennoch, wenn auch nicht alle Ziele erreicht wurden, so konnte doch eine Vielzahl von Ergebnissen vorgestellt werden (Fellbaum & Hau 1996). Einige Tausend Teilmesskamera-Aufnahmen des komplizierten Objekts wurden in mehreren Kampagnen hergestellt (Abb. 3), Software für die numerische Bestimmung der Orientierungsdaten großer Bildblöcke bereitgestellt und photogrammetrische Verfahren zur bildhaften Objektauswertung entwickelt und getestet.

Wester-Ebbinghaus hatte 1990 eine Verbindung zur Fa. Messbildstelle GmbH in Dresden hergestellt, einem erfahrenen Projektpartner auf dem Gebiet der Architekturphotogrammetrie. Die Messbildstelle übernahm ab 1991 die Detailauswertung der Bilder und ergänzte – in einem geförderten Anschlussprojekt – die vorhandenen Aufnahmen durch eine Reihe eigener großformatiger Messbilder, durch die der Auswerteaufwand vermindert werden konnte (Bruschke 2002). Die Revision der Auswerteergebnisse vor Ort wurde in gemeinsamen

Abb. 3: Messbild der Eingangsfassade des Doms von Siena.

Kampagnen von Photogrammetern und Bauhistorikern durchgeführt, eine Vorgehensweise, die unverzichtbaren Erkenntnisgewinn für beide Partner bringen kann. Insgesamt wurde dem Deutschen Kunsthistorischen Institut ein Konvolut von 34 großformatigen Grundrissen, Schnitten und Ansichten des Doms von Siena übergeben (Abb. 4; Riedl & Seidel 1999).

Literatur

Bruschke, A., 2002: About Experiences of Documentation of the Cathedral of Siena and Proposals for Quality Assurance in the Documentation of Monuments. – XVIIIth International Symposium of CiPA, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 34-5/C7: 551–555.

Fellbaum, M. & Hau, T., 1996: Photogrammetrische Aufnahme und Darstellung des Doms von Siena. – Zeitschrift für Photogrammetrie & Fernerkundung, **64** (2): 61–67.

Kotowski, R., Rößmann, H. & Wester-Ebbinghaus, W., 1983: Zweischalige Bündeltriangulation an einem Großbauwerk. – Zeitschrift für Vermessungswesen, **108** (3): 119–127.

Kotowski, R., Peipe, J. & Wester-Ebbinghaus, W., 1988: Bundle Triangulation in Architectural Photogrammetry: The Basilica of San Francesco in Siena. – Photogrammetric Record, **12** (72): 857–871.

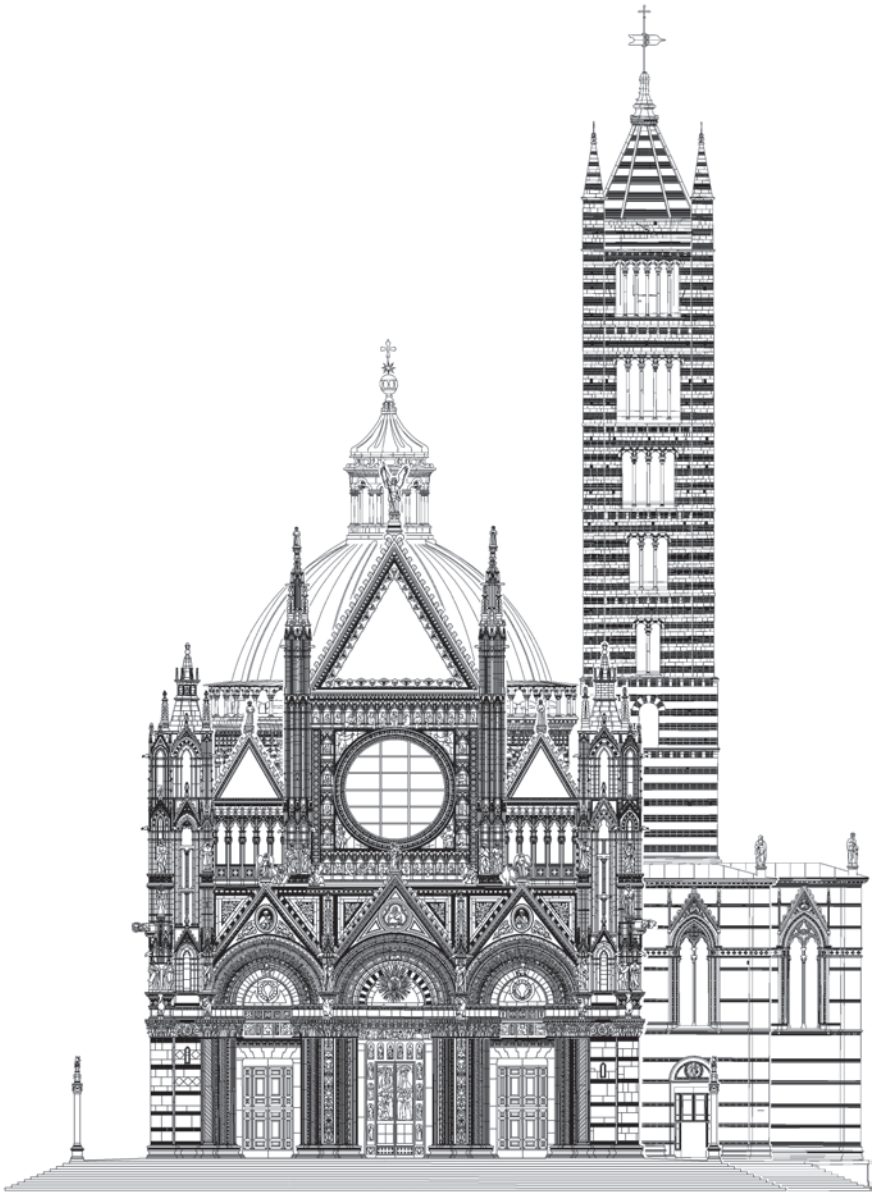

Abb. 4: Stereoauswertung der Westansicht des Doms von Siena (Bruschke 2002).

Kotowski, R., Meid, A., Peipe, J. & Wester-Ebbinghaus, W., 1989: Photogrammetrische Bauaufnahme der ,,Kirchen von Siena'' – Entwicklung eines Konzepts zur Vermessung von Großbauwerken. – Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, **96** (4): 144–154.

Mauelshagen, L., 1977: Teilkalibrierung eines photogrammetrischen Systems mit variabler Passpunktanordnung und unterschiedlichen deterministischen Ansätzen. – DGK, Reihe C, Nr. 236, München.

Riedl, P.A. & Seidel, M. (Hrsg.), 1999: Die Kirchen von Siena, Bd. 3: Der Dom S. Maria Assunta. – Bruckmann Verlag München (in Teilen erschienen: Bd. 3.1.3 Planband, gedruckt 1999).

Wester-Ebbinghaus, W., 1978: Photogrammetrische Punktbestimmung durch Bündelausgleichung zur allseitigen Erfassung eines räumlichen Objektes. – Bildmessung und Luftbildwesen, **46** (6): 198–204.

Wester-Ebbinghaus, W., 1981: Zur Verfahrensentwicklung in der Nahbereichsphotogrammetrie. – Dissertation, 103 S., Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Adressen der Autoren:

Dr.-Ing. Andreas Bruschke
Messbildstelle GmbH
Altplauen 19
D-01187 Dresden
e-mail: andreas.bruschke@messbildstelle.de

Dipl.-Ing. Jürgen Peipe
Universität der Bundeswehr München
D-85577 Neubiberg
e-mail: j-k.peipe@unibw-muenchen.de

Dipl.-Ing. Detlev Woytowicz
INVERS Industrievermessung und Systeme
D-45145 Essen
e-mail: woytowicz@invers-essen.de

Manuskript eingereicht: September 2003
Angenommen: Oktober 2003