

Anwendungen der Architekturphotogrammetrie für Restaurierung und Denkmalpflege

G. Siedler, G. Sacher

Das Für und Wider der analogen und digitalen Verfahren bei der Bilderfassung für Anwendungen in der Photogrammetrie für die Bereiche der Restaurierung und der Denkmalpflege wird diskutiert und an einigen Projekten beispielhaft demonstriert. Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass mit photogrammetrischen Verfahren dreidimensionale Punktwolken von Objektoberflächen automatisch generiert werden können.

Die Dokumentation mit photogrammetrischen Verfahren hat für die Bereiche Archäologie, Bauforschung und Denkmalpflege nach wie vor eine große Bedeutung. Die bildhafte Dokumentation bietet gegenüber diskreten Messverfahren, wie Handaufmaß, Tachymetrie oder Laserscanning, den großen Vorteil einer kontinuierlichen fotografischen Abbildung des Objektes in einer sehr hohen Auflösung zum Zeitpunkt der Aufnahme. Sie entspricht einer weitgehend interpretationsfreien Zustandsdokumentation. Bei entsprechender Archivierung können fotografische Aufnahmen auch für spätere photogrammetrische Auswertungen verwendet werden.

Die fokus GmbH Leipzig ist ein Ingenieurbüro, dessen Arbeitsschwerpunkt seit der Gründung im Jahre 1993 in der komplexen Betreuung von Denkmal- und hochwertigen Sanierungsobjekten liegt. Das Leistungsspektrum umfaßt dabei sowohl die tachymetrische und photogrammetrische Bestanderfassung, als auch die baubegleitende Vermessung. Parallel zu diesen Dienstleistungen erfolgen die Entwicklung und der Vertrieb von branchenspezifischer Software.

Digitale Bildpläne

Im Bereich der Architekturdokumentation werden bis heute großformatige Messkameras, UMK 100/13/18, SMK 55/08/08 sowie Fachkameras mit einem Negativformat von 4 × 5 Inch als Aufnahmegeräte eingesetzt. Seit 1994 werden Negative bzw. Diapositive hochauflösend gescannt, anschließend digital entzerrt und zu großformatigen Bildplänen montiert. Eine qualitativ bessere fotografische Dokumentation als die klassischen Verfahren existiert auch heute noch nicht – sowohl hinsichtlich des Informationsgehaltes als auch unter dem Aspekt der relativ einfachen Langzeitarchivierbarkeit.

Etwa 80 Prozent der Dokumentationen werden auf Grund der höheren Bildauflösung und der einfacheren Handhabung (Dateigröße und Druckausgabe) auch heute noch auf der Basis von Schwarz-Weiß-Negativen ausgeführt und zum Teil auf Barytpapier digital ausbelichtet. Farbfotografische Aufnahmen erfolgen dagegen überwiegend für die Erfassung von Wandmalerei und in der Kunstgutedokumentation. Für die farbtreue Wiedergabe des Objektes sind sowohl die Auswahl des Filmmaterials und die Objektausleuchtung als auch die Kalibrierung von Monitor und Druckausgabe notwendig. Dieser Aufwand wird von den Auftraggebern und Anwendern in der Regel unterschätzt.

Bevorzugte Anwendung findet die projektive Bildentzerrung bei Objekten mit ebenen Oberflächen, wie einfach gegliederten und schmuckarmen Fassaden, Mauerwerk, Fußböden sowie Wand- und Deckenmalereien. Als Ergebnis werden großmaßstäbige Bildpläne als TIFF-Datei auf DVD-ROM oder als Fotobelichtungen an den Kunden übergeben.

Betrachtet man den Verlauf der vergangenen zwölf Jahre, so hat sich an der prinzipiellen Vorgehensweise bei der Herstellung digitaler Bildpläne aus entzerrten und mon-



Abb. 1: Dresden, Nymphenbad im Zwinger, Ostansicht, digitaler Bildplan im Maßstab 1:25 – Bildmontage von 8 Aufnahmen (4 × 5 Inch)

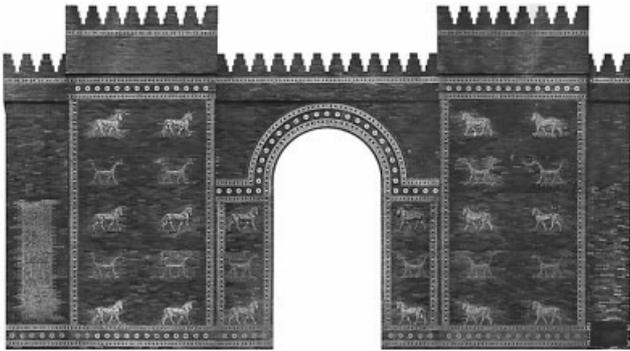


Abb. 2: Staatliche Museen zu Berlin, Vorderasiatisches Museum, Ishtarvor von Babylon, digitaler Bildplan im Maßstab 1:25 – Bildmontage von 27 Aufnahmen (4 × 5 Inch)

tierten Meßbildern technologisch nicht sehr verändert: Nach der großformatigen Aufnahme und der tachymetrischen Passpunktmessung erfolgt der Scan der Negative und die Entzerrung und Montage der Einzelbilder zu Bildplänen. Die Randbedingungen verbesserten sich aber wesentlich.

In den 1990er Jahren war im Bereich der Film-Digitalisierung die KODAK ProPhoto CD mit 4000 × 6000 Bildpunkten, entsprechend etwa 1200 dpi Scanauflösung auf einen 4 × 5 Inch Planfilm, dominant. Die KODAK ProPhoto CD war hinsichtlich der erzielten Scanqualität (Geometrie und Farbwiedergabe) sowie der Kosten über lange Zeit für die Architekturdokumentation alternativlos. Heute kann man auf verschiedene Film-scanner mit optischen Auflösungen bis zu 3800 dpi oder auf Luftbildscanner mit bis zu 5000 dpi zurückgreifen. Bei einer Scanauflösung von 2500 dpi erhält man so für einen 4 × 5 Inch Planfilm etwa 10 000 × 12 000 Bildpunkte und für einen 13 × 18 cm Planfilm etwa 12 800 × 17 800 Bildpunkte. Dabei ist mit dieser Scandichte das Auflösungsvermögen eines niedrigempfindlichen Filmes noch nicht ausgeschöpft.

Besonders in der Bildnachbearbeitung können durch die Entwicklung der PC-Technik (Arbeitsspeicher/Rechengeschwindigkeit) und der Bildverarbeitungssoftware heute deutlich bessere Ergebnisse in einer wesentlich kürzeren Zeit als noch vor 10 Jahren erzielt werden. So ist es möglich, den in gleichem Maße wachsenden Kundenansprüchen hinsichtlich Bildauflösung und Maßstab gerecht zu werden. Hinzu kommt die technische Weiterentwick-

lung großformatiger Tintenstrahlplotter und Filmausbehalter sowie eine Reduzierung der Ausgabekosten. Zum Einsatz kommt dabei die von der fokus GmbH Leipzig entwickelte und vertriebene Software **metigo 2D** (ehemals EDDI-2D).

Neben der Bildentzerrung können auch gekrümmte Oberflächen maßstabsgerecht abgewickelt werden. Dazu werden tachymetrisch Paßpunkte und Grundrisse sowie Schnittprofile am Objekt bestimmt. Die Bilder werden über die Paßpunkte photogrammetrisch orientiert. Über entsprechende Projektionsvorschriften können 3D-Ebenen im Raum, Zylinder oder Kegel mit Profillinien fotografisch abgewickelt werden.

Als Ergebnis von Bildentzerrung und Bildmontage liegt wieder ein maßstabsgerechter Bildplan vor, der den aktuellen Zustand des Objektes fotografisch dokumentiert und gleichzeitig das genaue Messen im digitalen Bild auf einer vorgegebenen Projektionsebene erlaubt.

An dieser Stelle soll auf einen zu beobachtenden Verfall der Qualität in der Architektur- und Kunstgutdokumentation hingewiesen werden. Dieser ist wohl zum Teil bedingt durch den stets vorhandenen Kostendruck bei den Auftraggebern, aber auch durch die Unkenntnis der Möglichkeiten der digitalen Photogrammetrie. Ebenso trägt eine oft anzutreffende Überschätzung digitaler Aufnahmegерäte und entsprechender Softwarelösungen sowohl bei den Auftraggebern als auch bei den Dienstleistungsbüros und „Selbstanwendern“ zu diesem Trend bei.

Nicht unwesentlich daran beteiligt ist eine scheinbar stetig fortschreitende Verschiebung der Ausbildungsprioritäten zur digitalen automatisierten Bildauswertung. Was daraufhin in der Ausbildung auf dem Gebiet der klassischen Fotografie sowie der eigentlichen Architekturphotogrammetrie an den Universitäten und Hochschulen zu einem Qualitätsverlust führt. Dazu kommt die fehlende Weitergabe dieses Fachwissens an Studierende in den Bereichen Architektur, Bauwesen und der Restaurierung durch die Institute für Photogrammetrie. In der Regel erfolgt in all diesen Fachbereichen eine zum Teil sehr oberflächliche und unkritische Ausbildung im Rahmen der „digitalen Möglichkeiten“ durch Fachfremde. Gerade in der praktischen Restaurierung, der Bauforschung und Bauplanung findet sich aber, wesentlich bedingt durch die schnelle Entwicklung von Software und digitaler Kamertechnik, inzwischen die größte Anwendergruppe der Architekturphotogrammetrie. Spezialisierte Vermessungsbüros sind heute eher die Ausnahme.



Abb. 3: Gernrode, Stiftskirche St. Cyriacus, Westapsis 2005 Dokumentation nach der Restaurierung, Digitale Zylinderabwicklung im Maßstab 1:20 – Bildmontage von 5 Aufnahmen (4 × 5 Inch)

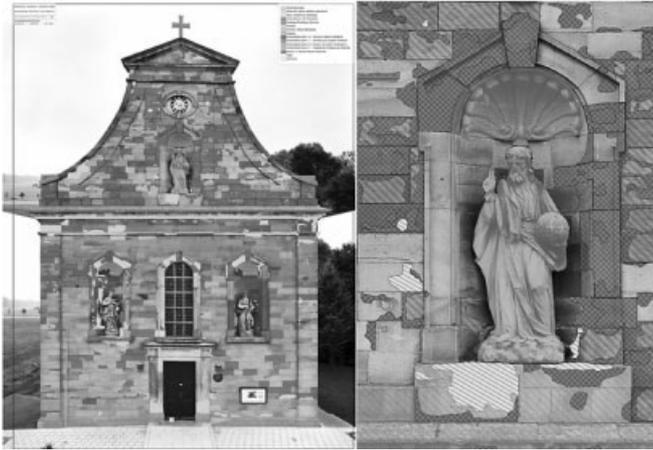


Abb. 4: Wallfahrtskirche Ipthausen, Westfassade, Digitale Kartierung des Schadbildes am Werkstein im Bildplan 1 : 25

Digitale Kartierung für Bauforschung und Restaurierung

Speziell bei Bauforschung und Restaurierung dienen digitale Bildpläne der fotografischen Zustandsdokumentation und als maßstabgerechte Kartierungsgrundlage für die Befundstellen- und Schadbildkartierung sowie für Maßnahmeplanung und Massenermittlung.

Seit 2001 entwickelt die fokus GmbH Leipzig mit **metigo MAP** eine Softwarelösung für die digitale Kartierung für Bauforschung und Restaurierung. Als Kartierungsgrundlage können sowohl digitale Bildpläne als auch CAD-Zeichnungen verwendet werden. Die Kombination von Bildverarbeitung und CAD-Funktionalität ermöglicht dem Restaurator die Kartierung von Schadbildern und Befunden an Bauwerken und Kunstgut.

In das Programm sind verschiedene Varianten der digitalen Entzerrung (nach Geometrieansätzen) und eine Massenermittlung integriert. Bei großen Projekten erfolgen über eine Objekthierarchie die zentrale Organisation der Kartierungsprojekte auf der Festplatte, ein automatisches Angleichen von Kartierungsvorschriften sowie eine projektübergreifende Massenermittlung.

Digitale Stereoauswertung und dreidimensionale Objektdokumentation

Bereits seit 1998 wurde die Entwicklung einer Software für die digitale Stereoauswertung bei der fokus GmbH

Leipzig als Alternative zu den kostenintensiven Stereoauswertegeräten betrieben.

Die Aufnahmen mit der klassischen stereophotogrammetrischen Aufnahmedisposition erfolgen weiterhin mit den erwähnten Messkameras und werden in der Regel mit einer Auflösung von 2500 dpi gescannt. Die stereoskopische Auswertung erfolgte dann am PC mit einer Anbindung an ein CAD-System.

Mit der von der fokus GmbH Leipzig entwickelten Software **metigo Stereo** ist der Anwender in der Lage, in zwei Schritten über relative und absolute Orientierung Bildpaare photogrammetrisch zu orientieren.

Durch die Integration automatisierter Verfahren der digitalen Bildverarbeitung in die Auswertesoftware können die interaktive stereoskopische Bildauswertung vereinfacht und die Auswertegenauigkeit verbessert werden.

Aufgrund der Ähnlichkeit der Teilbilder stereoskopischer Bildpaare bieten sich hier insbesondere Korrelationsverfahren zur subpixelgenauen Messung zugehöriger Bildpunkte an. Neben der Einzelpunktmessung können mit geeigneten Expansionsalgorithmen auch Profile und Objektflächen automatisiert erfasst werden. Auf diese Weise können alternativ oder ergänzend zu Laserscanneraufnahmen Punktwolken im Stereomodell generiert werden. Unter Verwendung eines Ball-Pivoting Algorithmus können diese Punktwolken dann zu einem Oberflächenmodell trianguliert und mit den hochau aufgelösten Bilddaten des Stereomodells texturiert werden.

Bei Architekturobjekten ist die Stereophotogrammetrie nur ein ergänzendes Verfahren der Dokumentation. Bei kleineren Objekten, wie z.B. archäologischen Fundstücken und Plastiken, kann aber mittels photogrammetrisch orientierter Stereo-Modelle eine alleinstehende Dokumentation erstellt werden, die geometrische und semantische Objektinformationen liefert. Diese Dokumentation ist vor Ort mit vergleichsweise geringem finanziellen Aufwand mit einer kalibrierten DSLR-Kamera von Fachanwendern einfach umzusetzen.

Bei aller Freude über die neuen Anwendungsmöglichkeiten der digitalen Photogrammetrie, die die technische Entwicklung mit sich bringt, soll an dieser Stelle aber doch darauf verwiesen werden, dass ein Großteil der Kunden aus der Restaurierung und Bauforschung sowie der Archäologie gerade dabei ist, den Schritt von der analogen Kartierung oder vom Handaufmaß zur 2D-Auswertung auf der Grundlage digitaler Bildpläne zu vollziehen. Außerdem muß sich der Kostenaufwand, der für die Doku-

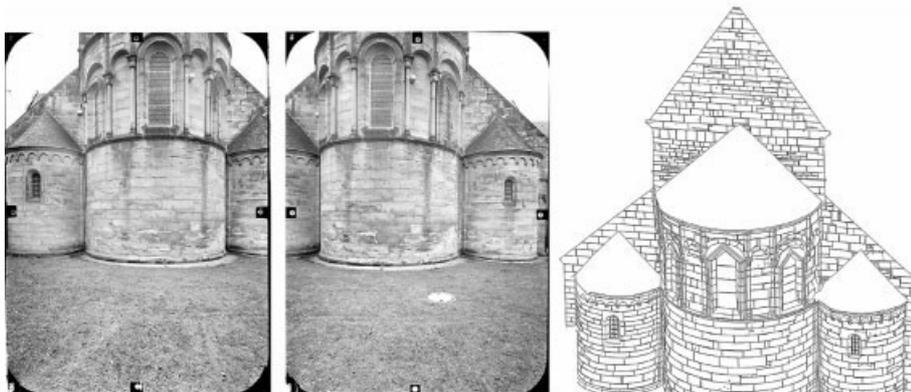


Abb. 5: Chor der Stiftskirche zu Hammersleben (Sachsen-Anhalt), fugengerechte graphische stereo-photogrammetrische Auswertung im Maßstab 1:25

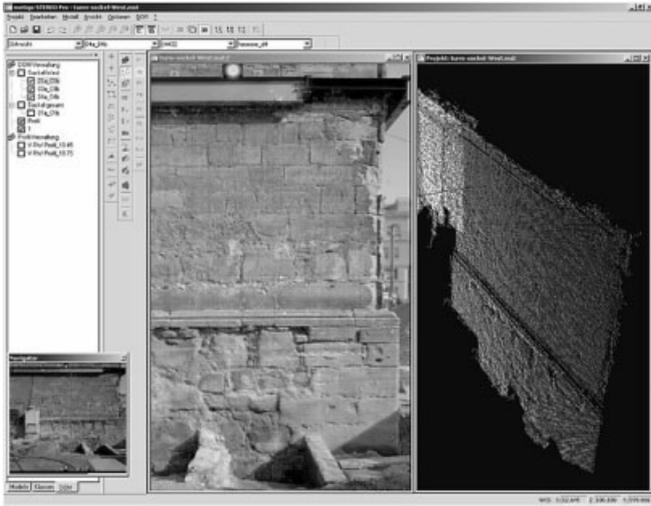


Abb. 6: Halle/Saale, Roter Turm auf dem Markt, Westfassade, Punktmatching im Stereomodell und 3D-Punktwolke

mentationen betrieben wird, immer sinnvoll in den finanziellen Gesamtrahmen des Projektes einordnen. Man sollte sich also nicht von 3D-Dokumentationsprojekten, wie sie in den letzten Jahren auf zahlreichen Tagungen zu finden waren, darüber hinweg täuschen lassen, daß die Realität in der täglichen Denkmalpflege eine ganz andere ist. In der Regel werden hier mit einem recht hohen finanziellen Aufwand (oder im Rahmen studentischer Arbeiten) Dokumentationen erzeugt, die in der eigentlichen praktischen Bearbeitung keine Verwendung finden und bei genauerem Hinterfragen von den beteiligten Restauratoren als unzureichend oder gar von weniger wohlmeinenden Zeitgenossen als unsinnig – bezogen auf den Kostenaufwand – eingeschätzt werden.

Literatur:

- [1] GODDING, R.; SACHER, G.; SIEDLER, G.: Einsatz von digitalen Aufnahmesystemen zur Gewinnung von Multispektralaufnahmen für die Erkundung von Bauwerkschäden ISPRS Commission V, New York 1992 (S. 794–798)
- [2] HEMMLEB, M.; SIEDLER, G.; SACHER, G.: Digitale Bildverzerrungen und -abwicklungen für die Anwendung in Denkmalpflege, Bauforschung und Restaurierung. In: Von Handaufmaß bis High Tech, Interdisziplinäres Kolloquium, TU Cottbus, 23.–26. Februar 2000 (S. 74–82)
- [3] HEMMLEB, M.; SIEDLER, G.: Photogrammetrische Arbeiten für die Restaurierung des Marmorpalais im Neuen Garten in Potsdam. In: Vermessung Brandenburg, Heft 2, 2000 (S. 12–19)
- [4] HENZE, F.; SIEDLER, G.; VETTER, S.: Integration automatisierter Verfahren der digitalen Bildverarbeitung in einem Stereoauswertesystem. In: 26. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, Berlin, 11.–13.09.2006, Band 15, S. 239 – 246
- [5] SIEDLER, G.; SACHER, G.: Photogrammetrische Auswertung historischer Fotografien und Messbilder In: Führerauftrag Monumentalmalerei – Ein Fotokampagne 1943 – 1945, Köln, Weimar, Wien, 2006, (S. 189 – 198)

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. GUNNAR SIEDLER,
Dipl.-Ing. Gisbert SACHER,
fokus GmbH Leipzig, Lauchstädter Straße 20,
04229 Leipzig,
E-Mail: Siedler@fokus-GmbH-Leipzig.de,
Sacher@fokus-GmbH-Leipzig.de

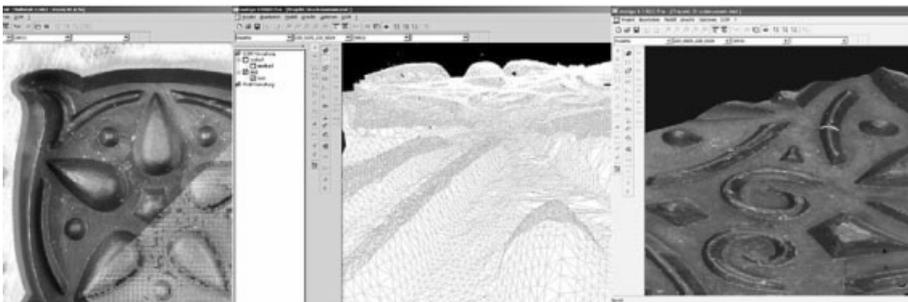


Abb. 7: Leipzig, Druckmuseum, Druckmatrütze, Punktmatching im Stereomodell, Triangulation, DOM mit Textur