Methoden der Bauaufnahme

Andreas Bruschke

Es werden Vermessungsmethoden und neue Entwicklungen mit ihren Wirkprinzipien vorgestellt und ihre Eignung für konkrete Aufgabenstellungen für Bestandserfassungen und Dokumentationen eingeschätzt.

Schlagwörter: Bauaufnahme, Photogrammetrie, Bildauswertung, Tachymetrie, 3D-Scanner

Die Methoden der Bauaufnahme haben seit der klassischen Zeit enorme technologische Fortschritte erfahren und wurden durch gänzlich neue Verfahren erweitert. Bauaufnahme als Vermessung und maßstäblicher Aufzeichnung des Bestandes [Petzet, Mader, 1995] muss heute breiter diskutiert werden, insofern nicht nur Zeichnungen sondern auch Punktwolken, 3D-Oberflächen, Bildpläne und Orthofotos einzubeziehen sind. Nutzen und Wirtschaftlichkeit einer fachgerechten Bauaufnahme sind immer wieder überzeugend dargelegt [Schuller, 2005] und als unverzichtbar für die Werkplanung gefordert worden [Hädler, 2005]. „Ohne zuverlässige Pläne muss jedes Bauvorhaben scheitern" betont [Cramer, Breitling, 2007]. Maßstäbliche Bestandspläne sind Grundlage für das Verständnis bauhistorischer Entwicklung und räumlich-konstruktiver Zusammenhänge. Sie werden als Kartierungsgrundlage für baugeschichtliche Befunde, Materialeigenschaften, Schäden und zur Mengen-/Massenermittlung bzw. zur Abrechnungsgrundlage und Kostenkontrolle benötigt. Für Werkplanungen bei Sanierungen und Umbauten sind sie unverzichtbar.

Bauaufnahme ist die zweckgebundene Analyse des Bauwerkes unter Verwendung genauer und reproduzierbarer Vermessungsmethoden. Die Auswahl der richtigen Methode mit den richtigen Kosten und der richtigen Zeit erfordert die Beurteilung und Abwägung zwischen drei Schlüsselelementen des Vermessungsprozesses:

- Selektion: Welche Informationen werden benötigt; durch wen und wie werden sie gewonnen
- Messung: Welche Vermessungsmethode ist geeignet
- Präsentation: Wie wird mit den Ergebnissen weitergearbeitet

Nach [Measued, Draw, 2009] sind dabei folgende Unterscheidungen zu treffen:

- direkte/indirekte Methoden: Werden die Messungen bei direkter Beobachtung am Objekt ausgeführt
- grafisch/fotografisch: Sind die Ergebnisse selektierte Informationen in einer Zeichnung oder uninterpretierte Pixelgrafiken
- 3D/2D: Wird mit dreidimensionalen Messergebnissen auch dreidimensional weitergearbeitet

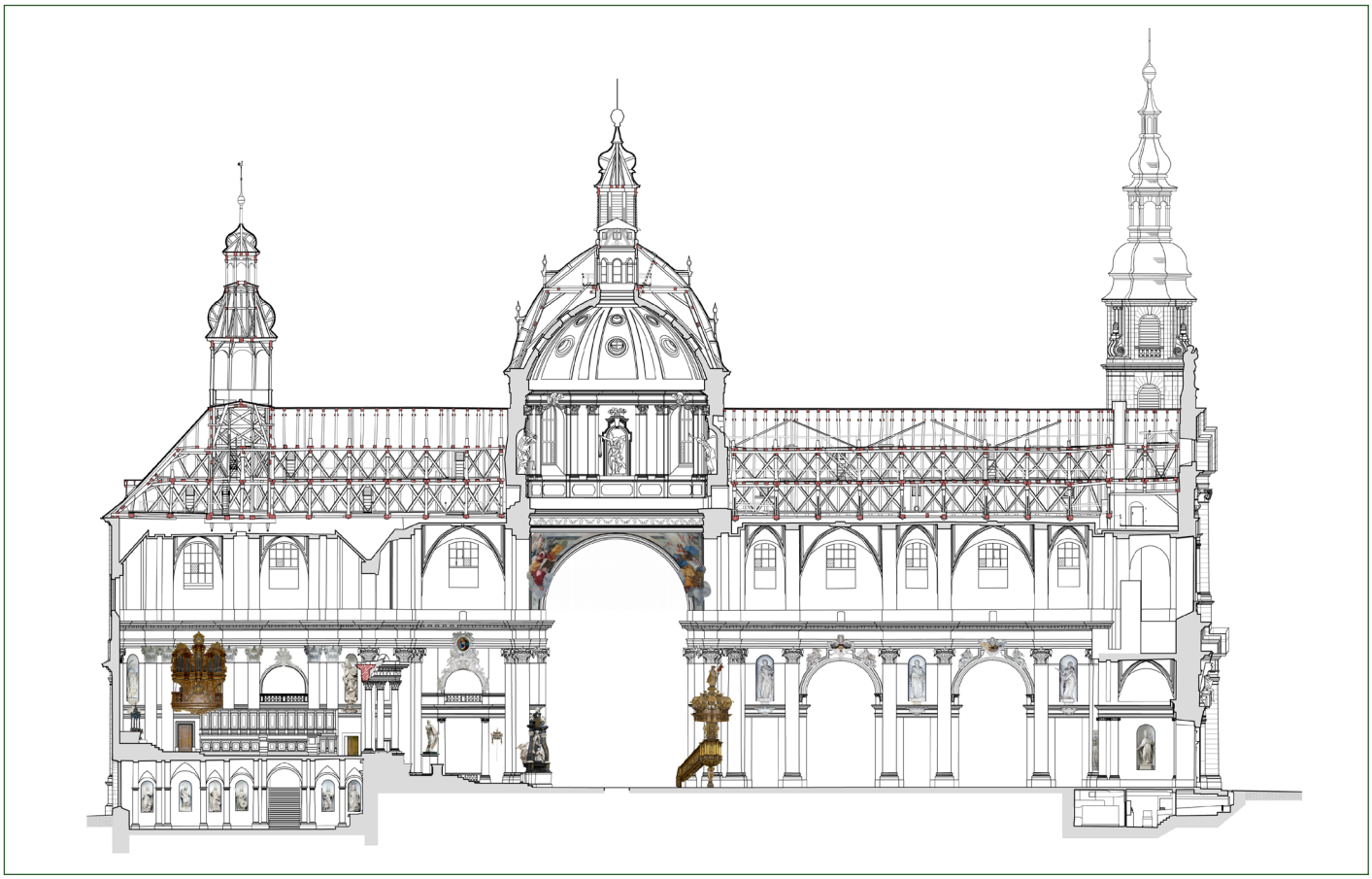

Bild 1
Dom Fulda; Ausschnitt aus einem Längsschnitt als Beispiel unterschiedlicher Darstellungstiefen und Genauigkeiten, überwiegend örtliche tachymetrische Vermessung, Darstellung von Ausstattungen durch entzerrte Bilder und Gewölbeausmalungen durch Orthofotos

1 Selektion

Aufgrund der hohen technischen Anforderungen und der Hard- und Softwarevoraussetzungen werden heute Bauaufnahmen von mehr oder weniger spezialisierten Büros ausgeführt, womit der Definition des genauen Umfanges der Inhalte und benötigten Informationen eine entscheidende Rolle zukommt. Das wird häufig durch Anwendung von Genauigkeitsstufen nach [Eckstein, 2003] festgelegt. Dieses Konzept stammt aus den 80er Jahren und muss entsprechend der technischen Entwicklung und der äußerst vielfältigen sowie differenzierten Objektbedingungen und eigenschaften überdacht werden.

Die Genauigkeitsstufen I und II lassen sich nicht nachverdichten oder„verbessern". Bei Eingriffen in den Bestand eines Denkmals ist ein formgetreues Aufmaß mindestens der Genauigkeitsstufe III unverzichtbar (entspricht etwa der Informationsstufe II nach [DIN 1356-6]). Eine Bearbeitung kann in mehreren zeitlich aufeinander folgenden Phasen bzw. projektbegleitend geschehen = Nachverdichtung [Weferling, 2005]. Pauschale Vorgaben einer Genauigkeit sind für die Bauaufnahme eines konkreten Objektes nicht ausreichend. Die Anforderungen im Sinne einer maßlichen Genauigkeit sind relativ zur Bauteilgröße verschieden und stehen im Zusammenhang mit Maßtoleranzen im Bauwesen. Darstellungsgenauigkeit, -tiefe bzw. Informationsdichte sind nicht mit dem geometrischen Genauigkeitsbegriff gleichzusetzen. Sie sind individuell und differenziert festzulegen und stehen im Zusammenhang mit der konkreten Sanierungsaufgabe. Es können verschiedene Abschnitte (Bauteile, Ausstattungsteile) mit unterschiedlicher Informationsdichte aufgenommen werden. Standardspezifikationen berücksichtigen nicht die Besonderheiten eines konkreten Objektes (Bild 1). Es ist eine differenzierte Vorgehensweise und ein individuelles Anforderungskonzept notwendig.

Die Interaktion zwischen Vermesser und dem Objekt beeinflusst entscheidend die Informationen, die am Denkmal erhalten und vermittelt werden.

Direkte Methoden sind dabei im Vorteil. Zeichnerische Auswertungen sind immer Ergebnis einer bewussten Interpretation und Bewertung. Virtuelle Abbilder des Objektes sind nicht das Objekt selbst. Die daraus zu ziehenden Erkenntnisse sind nur so gut, wie es diese Abbilder ermöglichen. Sie ersetzen auch bei bester Qualität nicht die Auseinandersetzung mit dem Objekt.

2 Vermessungsmethoden

Eine stringente methodische Einteilung der Verfahren ist schwierig. Mit fortscheitender Entwicklung gibt es neue Technologien und Begriffe und immer mehr Überschneidungen. Das zeigt sich besonders bei der Gewinnung von 3D-Punktwolken durch Scanningmethoden und durch die Photogrammetrie. Bei der Gewinnung der Geometriedaten sind aber sowohl die Grundlagenmessung als auch reflektorlose Entfernungsmessung und die Bildaufnahme notwendig, die alle für den qualitativen Einsatz der verschiedenen Methoden von entscheidender Bedeutung sind.

2.1 Grundlagenmessung

Fortlaufende Aneinanderreihungen einzelner Messungen führen durch Fehlerfortpflanzung zu immer größer werdenden Spannungen und Differenzen. Letztlich können nicht direkt messbare Konstruktionsmaße wie Wand- und Deckenstärken kaum mehr sicher bestimmt werden. Oder die Lage vertikal übereinander liegender Bauteile wird nicht richtig erkannt, was im späteren Bauablauf zu großen Schwierigkeiten und Mehrkosten führen kann [Petzet, Mader, 1995], [Schuller, 2005], [Hädler, 2005]. Eine Bauaufnahme, die Grundlage für Werkplanungen ist, baut deshalb auf einem unabhängig vorab gemessenen Festpunktnetz mit höherer Genauigkeit auf. Heute ist die instrumentelle Messung von Polygonzügen mit dem Tachymeter Standart. Diese müssen zwingend als geschlossene Züge kontrolliert und ausgeglichen werden. Eine Mindestgenauigkeit von 2 mm / 100 m ist der Standard.

2.2 Reflektorlose Entfernungsmessung

Der Einsatz von Tachymetern und Scannern hängt von der Reflexion des ausgesendeten Laserlichts auf der Oberfläche des Objektes ab. Die Art der Reflexion ist abhängig von der Oberflächenrauigkeit. Zum Beispiel liefern spiegelnde Oberflächen kein verwertbares Signal. Die Reflektanz hängt aber auch von der Entfernung und vom Einfallswinkel ab. Da der Messstrahl einen mit zunehmender Entfernung größeren Durchmesser hat (Spotgröße), wird die Entfernungsmessung auch durch die Zielgeometrie und den Einfallswinkel beeinflusst. Strecken auf eine Außenecke (Grat) werden deshalb systematisch zu lang, auf eine Innenecke (Kehle) zu kurz gemessen. Auch ein sehr schräger Einfallswinkel (Streiflicht) führt zu grob falschen Ergebnissen. Darauf muss mit entsprechender Messanordnung reagiert werden, indem Messpunkte vor den Ecken angezielt und diese dann verschnitten werden [Wiedemann, 2004]. Hier wird auch das Problem der von Laserscannern erzeugten Punktwolken deutlich. Bei automatischen Auswertungen entstehen geglättete bzw. gerundete „Ecken", die aufwendig nachbearbeitet werden müssen.

2.3 Bildaufnahme

Fotos sind (näherungsweise) zentralperspektive Abbildungen. Dass Objektive teils deutlich von diesem einfachen mathematischen Modell abweichen, äußert sich als Verzeichnung durch sichtbar gekrümmte Abbildung eigentlich gerader Linien (z. B. Architekturkanten). Neben der Korrektur der Verzeichnung ist für photogrammetrische Auswertungen auch eine vollständige Kenntnis und Reproduzierbarkeit der gesamten Abbildungsgeometrie notwendig. Diese wird durch Kalibrierung bestimmt. Aus Fotos werden Messbilder. Bei der digitalen Fotografie ist die Anzahl der Sensorelemente das Maß für die geometrische Auflösung. Diese hat entscheidenden Einfluss auf die Planung der Aufnahmedispositionen. Die Überlegung beginnt beim gewünschten Maßstab für das Endergebnis,

in dem eine pixelfreie Betrachtung bzw. ein Ausdruck ohne Verpixelung möglich sein soll. Näherungsweise können folgende Verhältnisgrößen zwischen Abbildungsmaßstab und Pixelgröße am Objekt angenommen werden:

M 1:50 < 4 mm / M 1:25 < 2 mm / M 1:10 < 1 mm

Aufnahmen sollten weitestgehend frontal zum Objekt erfolgen, um nicht nur eventuelle Verdeckungen zu vermeiden, sondern auch um einen gleichen Bildmaßstab zu erzielen. Starke Schrägaufnahmen haben eine ähnliche Wirkung auf Abstand und „Verzerrung" der Pixel wie auf Punktabstand (Objektauflösung) und Leuchtkreisdurchmesser von Laserscanneraufnahmen.

Die Qualitätsanforderungen an photogrammetrische Aufnahmen beschränken sich jedoch nicht nur auf geometrische Fragen. Sie umfassen den gesamten Komplex der Fotografie. Neben der optischen Abbildungsschärfe (Tiefenschärfe und Beugungsschärfe) sind Licht und Farbe weitere Komponenten qualitativ hochwertiger Aufnahmen.

Die Planung der Aufnahmedispositionen kann sehr flexibel erfolgen. Platzverhältnisse, Aufnahmeabstand und Objektiv sind aufeinander abzustimmen. Sofern es die Umstände zulassen, kommen Hochstative, Arbeitsbühnen, Hubschrauber und in letzter Zeit auch ferngesteuerte Multikopter zum Einsatz. Die Photogrammetrie ist das einzige Verfahren, dass nicht auf einem festen Gerätestandpunkt angewiesen und somit prädestiniert für die Vermessung hoher oder unzugänglicher Bauwerke ist.

2.4 Direkte Techniken

[Cramer, Breitling, 2007] stellt die Vorteile der örtlichen Vermessung und Auftragung der Arbeitsweise mit Aufmaßskizzen und deren Umsetzung im Büro gegenüber: „Das Vor-Ort-Prinzip stellt sicher, dass durch die Anschauung des Objektes Messfehler sofort erkannt werden. Im langsamen Fortschreiten der Zeichnung von dem übergeordneten Bezugsnetz bis zur Darstellung der Binnenstruktur und der Details bauen alle Schritte systematisch auf einander auf. Fehler werden sofort erkannt und lassen sich leicht zurückverfolgen." Diese Vorteile gelten für das klassische Handaufmaß wie auch für das tachymetrische Aufmaß mit dem angeschlossenen Notebook und dem Online-Zeichnen im CAD. Gegenüber den indirekten Methoden werden die Vorteile der örtlichen Vermessung noch deutlicher, nicht nur wegen häufig unvermeidlicher Lücken beim Scannen oder wegen Verdeckungen in photogrammetrischen Aufnahmen sondern insbesondere auch wegen des fehlenden Kontakts zum Objekt, den so nicht möglichen Beobachtungen bei vielleicht unterschiedlichem Licht, der Oberflächen und der Materialeigenschaften. Direkte Aufmaßtechniken liefern Bestandspläne aus „erster Hand".

Handaufmaß

Das klassische Handaufmaß, aufbauend auf einem dichten Netz von Bezugslinien, sichert zweifelsohne den intensivsten Kontakt zum Objekt und damit die gründlichste Beobachtung der Formen und Befunde. Um das Aufmaß und die zu erfassenden Verformungen nachvollziehbar zu gestalten, werden alle gemessenen Maße angeschrieben. Detailformen bzw. Binnenstrukturen werden allerdings porträtierend gezeichnet. Damit werden verschiedene Inhalte nicht mit gleicher homogener Genauigkeit dargestellt. Aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen spielt heute das Handaufmaß nur noch eine geringe Rolle, z. B. bei der örtlichen Überprüfung und Ergänzung von tachymetrischen oder photogrammetrischen Auswertungen.

Theodolit und Tachymeter

Die klassischen geodätischen Instrumente sind der Theodolit bzw. das Tachymeter. Bei beiden Geräten werden Winkel bzw. Richtungen gemessen, getrennt als Horizontal- und als Vertikalwinkel registriert. Von zwei Standpunkten aus angemessene Ziele werden in einem räumlichen Dreieck dreidimensional bestimmt. Dieses als Vorwärtseinschneiden bezeichnete Verfahren wird neben der Bestimmung von photogrammetrischen Passpunkten dann eingesetzt, wenn die Entfernungsmessung mit Laser nicht funktioniert oder besondere Genauigkeiten gefordert sind.

Das wichtigste Werkzeug für die örtliche Vermessung von Bauwerken ist jedoch das Tachymeter.

Zur Streckenmessung wird ein in die Fernrohroptik integrierter Laser genutzt. Bei dem Impulslaufzeitverfahren wird ein Laserpuls ausgesendet, der von der Oberfläche des angezielten Punktes reflektiert wird. Aus der Zeitdifferenz zum registrierten Rücksignal wird die Strecke berechnet. Der Laser dient auch als „Zeiger". Mit ihm kann der zu messende Punkt angezielt werden, ohne das Fernrohr mit dem Fadenkreuz zu benutzen.

Jeder aufzunehmende Punkt wird automatisch mit den Koordinatendifferenzen zum Standpunkt Δx, Δy, Δz gespeichert. Das Tachymeter funktioniert also praktisch als „3D-Maus", mit der in sehr rascher Geschwindigkeit die in der Umgebung zu messenden Punkte mit dem „Zeiger" angezielt und deren Koordinaten sofort gespeichert werden. Während ein Scanner „wahllos" ein Punktraster erzeugt, werden mit dem Tachymeter bewusst und überlegt die notwendigen Punkte ausgewählt und gemessen.

Die Praktikabilität dieser Arbeitsweise vollendet sich aber erst dann, wenn die gemessenen Punkte online in den „Kartiertisch" CAD übertragen und somit die Bauaufnamezeichnungen traditionell vor Ort fertiggestellt werden.

2.5 Indirekte Techniken

Als indirekte Techniken gelten alle bildbasierenden und Abtastverfahren, also Photogrammetrie und Scanning. Da Informationen und Erkenntnisse nur aus „zweiter Hand", aus den Bildern bzw. Punktwolken gewonnen werden, liegt der Schwerpunkt auf der Planung und Realisierung optimaler Bedingungen für die örtliche technische Aufnahme.

Bildentzerrung

Durch die Verwendung von Digitalaufnahmen und der Verfügbarkeit anwenderfreundlicher Programme hat sich die Bildentzerrung als einfaches Verfahren sehr verbreitet. Grundsätzlich ist sie jedoch nur für ebene Oberflächen geeignet, die keine Vor- und Rücksprünge aufweisen und die zudem nicht gekrümmt oder verformt sein dürfen. Planparallele Fotografien werden durch die Beseitigung projektiver Verzerrungen in Folge schräger oder geneigter Aufnahmen erzeugt. Diese Entzerrung geschieht durch Einpassen auf in der Rissebene liegender, gewöhnlich geodätisch gemessener Punkte. Perspektive Verzerrungen durch nicht in der Ebene liegende Bauteile bleiben erhalten (Umklappungen), führen zu Maßstabsfehlern und können nur durch die Entzerrung auf entsprechend weitere Ebenen verringert werden. Die Montage benachbarter Bilder führt an diesen Stellen zu Sprüngen oder Lücken.

Unter Mosaikbildung ist die Montage mehrere entzerrter Bilder zu einem Bildplan zu verstehen. Die Bilder müssen dabei sowohl geometrisch zusammenpassen als auch radiometrisch, das heißt in Helligkeit, Kontrast und Farbzusammensetzung. Dabei werden die unterschiedlichen Bildparameter anhand der Histogramme in mehrfach abgedeckten Bereichen angeglichen [Wiedemann, 2004]. Wichtig ist deshalb, dass die Aufnahmen im Original-RAW-Format vorliegen.

Orthofotos

Orthofotos als wirklich orthogonale und im Gegensatz zu Entzerrungen in allen Teilen maßstabsgerechte Abbildung auf eine Rissebene, damit mit einer Plandarstellung vergleichbar, können nur auf der Grundlage dreidimensionaler Oberflächenmodelle erzeugt werden. Die 3D-Oberflächen sind durch sukzessive Vermessung von Bauteilkanten und Flächenbildung oder als Dreiecksvermaschung von Punktwolken erzeugt worden, die im Ergebnis von Scan-Verfahren bzw. der fotogrammetrischen SfM-Methode gewonnen wurden.

Die geometrische Qualität der Orthofotos hängt von der Dichte der Punktwolke und der Größe der durch die Vermaschung entstandenen Dreiecke ab. Die Vermaschung führt auf jeden Fall zur Glättung von Bauteil- und Konturkanten. Die 3D-Oberflächen müssen gegebenenfalls nachmodelliert werden.

Aus colorierten Punktwolken von Laserscannern direkt erzeugte Orthofotos sind technisch gesehen ebenfalls ein maßstabsgerechtes Pixelbild, jedoch dem fotografisch erzeugten Orthofoto nicht vergleichbar. Deshalb sind zur Texturierung von aus

Scan-Verfahren gewonnenen 3D-Oberflächen externe Aufnahmen erforderlich. Die beim Scannen nicht erfassten Bereiche werden als Löcher sichtbar.

Orthofotos sind durch den in allen Teilen gesicherten Maßstab und bei hoher Bildqualität eine entscheidende Interpretationshilfe, können in CAD-Pläne eingefügt bzw. hinterlegt und soweit nötig hochgezeichnet werden.

Matching-Verfahren

Automatisierte Verfahren der Bildauswertung ermöglichen die dreidimensionale Rekonstruktion der aufgenommenen Oberflächen. Sie stammen aus dem Bereich Computer Vision (maschinelle Wahrnehmung von Bildinhalten), setzen größere Rechnerleistung voraus und haben unter dem Begriff Structure-from-Motion (SfM) in der Architektur- und Archäologiedokumentation Einzug gehalten. Dabei wird mit ‚Motion' ausgedrückt, dass bei einer Serie sich stark überlappender Bilder zwischen den Bildern eine Bewegung stattgefunden hat. In diesem Sinne kann SfM auch unter Mehrbildphotogrammetrie eingeordnet werden. Die automatische Identifizierung von Referenzpunkten aus dem Vergleich von Texturmerkmalen ist die Grundlage für die gegenseitige Orientierung der Aufnahmen und der anschließenden Berechnung. Das Ergebnis ist zuerst eine Punktwolke in der Dichte und Genauigkeit der Auflösung der verwendeten Bilder bzw. die daraus berechnete texturierte 3D-Oberfläche.

Da die maschinelle Bilderkennung eine wahrnehmbare Textur voraussetzt, sind dieser Methode bei glatt schwarzen oder weißen bzw. spiegelnden Oberflächen Grenzen gesetzt. Das Verfahren ist durch flexible Aufnahmedispostionen vielseitig einsetzbar, wie die Photogrammetrie grundsätzlich. Durch Aufnahmen von Arbeitsbühnen, Hubschraubern und Multikoptern, durch beliebige Aufnahmeabstände in Kombination mit variablen Objektivbrennweiten stellt diese Technologie für geeignete Objekte nicht nur eine Alternative zu 3D-Scannern dar, sondern erschließt neue Aufgabenfelder. Das einzige Aufnahmegerät ist die Digitalkamera – preiswert im Vergleich zu den 3D-Scannern – und verwendbar ohne Stativ von den Aufnahmeplattformen aus.

Mehrbildphotogrammetrie

Jede 3D-Vermessung aus Bildern setzt mindestens zwei oder mehrere räumlich getrennte Aufnahmen voraus. Das zuerst von Meydenbauer für die photogrammetrische Vermessung von Architektur entwickelte Einschneideverfahren geht von zwei konvergenten Aufnahmen aus, deren Standpunkte und Aufnahmerichtungen eingemessen wurden. Damit ist es mathematisch direkt mit dem geodätischen Vorwärtseinschneiden vergleichbar, der Punktbestimmung in räumlichen Dreiecken aus Richtungsbündeln. Identische Punkte werden in mindestens zwei Bildern nacheinander angemessen und so die 3D-Koordinaten des Objektpunktes bestimmt. Werden weitere Bilder hinzugefügt, kann ein Bildverband aufgebaut und als photogrammetrische Triangulation gerechnet werden. Für den gesamten Bildverband ist nur eine minimale Anzahl von gut verteilten Passpunkten erforderlich. Es lassen sich somit Fassadenbereiche erfassen, die nicht einsehbar sind. Sie werden von entsprechenden Plattformen aus aufgenommen und durch photogrammetrische Triangulation in das Gesamtsystem eingebunden.

Während die Messung nach dem Einschneideverfahren eben nur für in verschiedenen Bildern eindeutig identifizierbare Punkte möglich ist, kann bei Stereoaufnahmen ganz anders verfahren werden. Mit der Stereophotogrammetrie besteht in besonderer Weise die Möglichkeit, Oberflächen linientreu räumlich exakt zu vermessen. Durch die Aufnahme von zwei Messbildern mit parallelen Aufnahmeachsen und deren anschließender stereoskopischer Auswertung entsteht für den Betrachter ein virtuelles Modell der Oberfläche. Durch die dreidimensionale Führung einer Messmarke auf diesem räumlichen Modell werden zu messenden Linien praktisch on-line beim „Abfahren" des Kurvenverlaufes mit einer bei keinem anderen Verfahren erreichbaren Punktdichte und Geschwindigkeit registriert. Die Stereoauswertung wird standardmäßig für steingerechte Auswertungen und Darstellung von Natursteinfassaden mit Maßwerk eingesetzt.

3D-Scanner

Es werden Triangulations-, Phasenlaufzeit- und Impulslaufzeitverfahren unterschieden. Bei Scannern mit Triangulationsverfahren (Streifenscanner) sind Laserpuls und Empfangssensor seitlich in einem festen Abstand angeordnet. Aus dem gemessenen Winkel zwischen ausgesendetem und empfangenem Laserpuls werden die Punktkoordinaten bestimmt. Diese Scanner sind nur für kurze Distanzen bis ca. 2 m einsetzbar, erreichen aber Genauigkeiten bis 0,1 mm. Beim Phasenlaufzeitverfahren wird kontinuierlich ein moduliertes Laserlicht ausgesendet und permanent mit der Phasenlage der Modulationswelle des reflektierten Lichts verglichen. Die Phasenlage ist proportional der Entfernung eines Reststücks einer Wellenlänge. Zur Klärung der Eindeutigkeit müssen verschiedene Modulationswellen genutzt werden. Das Verfahren ist extrem schnell.

Das Abtasten des Objektes geschieht durch gleichmäßige systematische Ablenkung des Messstrahls durch zwei rotierende Spiegel oder Prismen in regelmäßigen horizontalen und vertikalen Schritten, häufig im Vollkreis oder in einem gewählten Ausschnitt. Neben der Genauigkeit der Streckenmessung ist die Schrittweite/Abtastrate ein weiteres Genauigkeitskriterium des Systems. Die Schrittweite (Winkelauflösung) ist immer gleich, folglich nimmt die Objektauflösung (der Abstand benachbarter Punkte) mit zunehmender Entfernung ab. Der Einfallswinkel auf die Objektoberfläche hat nicht nur Einfluss auf die Größe der Leuchtellipse, sondern auch auf die Objektauflösung. Der Punktabstand vergrößert sich bei einem Einfallswinkel von 45° um 40 %, bei 60° schon um 100 %. Also ist bei der Planung der Aufnahmestandpunkte ähnlich vorzugehen wie bei der Bildaufnahme. Neben eventuellen Verschattungen ist zu berücksichtigen, welcher Auftreffwinkel maximal noch möglich ist. Da der Scanner fest am Boden stehen muss, ist der Aufnahmebereich nach oben wegen des immer steileren Einfallswinkels begrenzt.

3 Präsentation

Aus technischer Sicht können die Ergebnisse der Vermessungen sehr vielseitig sein: direkt oder indirekt gemessene Punkte bzw. Linien, 2D- oder 3D-Koordinaten, Punktwolken, 3D-Flächen, Vektorgrafik oder Pixel. In aller Regel wird mit zweidimensionalen Grafiken gearbeitet.

Wenn dreidimensional gemessen wird, ist die Erwartungshaltung groß, auch Ergebnisse dreidimensional zu bekommen. Anwendungen und Rahmenbedingungen für sogenannte Drahtmodelle, Punktwolken oder 3D-Oberflächen als Ergebnis von Dreiecksvermaschungen sind bisher nicht allgemeingültig erfasst. Die Grenze zwischen 3D-Visualisierungen und Virtual-Reality ist offen. Die Schwierigkeit besteht weniger in der Festlegung von Datenformaten als in der Möglichkeit einer eindeutigen Definition der für einen bestimmten Zweck benötigten Aussageschärfe, der Bestimmung von Detaillierungsgrad/Auflösung bzw. der Generalisierung durch Reduktion auf das Wesentliche.

4 Vermessungskonzepte

Die verschiedenen Verfahren können nicht pauschal verglichen oder gar in wirtschaftlicher Hinsicht bewertet werden. Eine Abwägung ist ausschließlich aufgabenspezifisch und objektkonkret unter Berücksichtigung der jeweiligen technologischen Rahmenbedingungen möglich. Da jedes Denkmal ein Unikat ist, entzieht es sich einer schematischen Vorgehensweise. Das individuelle Vermessungskonzept stellt eine eigene schöpferische Leistung dar und ist erster Baustein des denkmalpflegerischen Projektmanagements [Fuchsberger, 2005]. Es stellt sicher, welche Informationen alle an der Planung beteiligten Fachdisziplinen benötigen, definiert die Genauigkeitsanforderungen, die entsprechend der örtlichen Situation zu integrierenden Techniken, deren konkreten Einsatzbedingungen und legt Kontrollmechanismen fest, die objektiv vergleichbare Ergebnisse ermöglichen [Measured et al., 2009], [Metric Survey Specification, 2000].

Literatur und Quellen

[Petzet, Mader, 1995] Petzet, M., Mader, G., (1995): Praktische Denkmalpflege. Verlag W. Kohlhammer, Köln 2. Auflage

[Schuller, 2005] Schuller, M., (2005): Building Archaeology. In: Bauaufnahme in der Denkmalpflege, Andreas Bruschke (Hrsg.), Fraunhofer IRB-Verlag

[Hädler, 2004] Hädler, E., (2004): Sanierungsvoruntersuchung und Bauforschung als Teil des Planungsprozesses. In: Architekten in der Denkmalpflege, Horst Thomas (Hrsg.), Rudolf Müller Verlag, Köln

[Cramer, Breitling, 2007] Cramer, J., Breitling, St., (2007): Architektur im Bestand – Planung Entwurf Ausführung. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin

[Measured, Draw, 2009] Measured and Drawn, (2009): Techniques and practice for the metric survey of historic buildings. Published by English Heritage, 2. Ausgabe

[Eckstein, 2003] Eckstein, G., (2003): Empfehlungen für Baudokumentationen. Arbeitsheft 7, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Konrad Theiss Verlag Stuttgart, aktuelle Auflage

[Bruschke, 2014] Bruschke, A., (2014): Hoher Dom zu Fulda und Porta Nigra in Trier: Was können heutige Bauaufnahmemethoden leisten und sind die „Genauigkeitsstufen" noch zeitgemäß? In Tagungsband Natursteinsanierung Stuttgart, Patitz, Grasseger, Wölbert (Hrsg.), Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart

[Weferling, 2005] Weferling, U., (2005): Randbedingungen und Anwendungspotentiale moderner Bauaufnahmemethoden – ein Plädoyer für eine mehrstufige, projektbegleitende Bauaufnahme. In: Bauaufnahme in der Denkmalpflege, Andreas Bruschke (Hrsg.), Fraunhofer IRB-Verlag

[Wiedemann, 2004] Wiedemann, A., (2014): Handbuch Bauwerksvermessung, Geodäsie-Photogrammetrie-Laserscanning. Birkhäuser Verlag, Basel Boston Berlin

[Fuchsberger, 2005] Fuchsberger, H., (2005): Qualitätssicherung in der Bestandsaufnahme – das Beispiel Schöndorfer Platz in Hallein. In: Bauaufnahme in der Denkmalpflege, Andreas Bruschke (Hrsg.), Fraunhofer IRB-Verlag

[Metric Survey Specification, 2000] Metric Survey Specification for English Heritage. Published by English Heritage, 2000