

Neue Techniken in der Bestandserfassung

Dr.-Ing. Ulrich Weferling
ulrich.weferling@archit.uni-weimar.de
Bauhaus-Universität Weimar
Professur Informatik in der Architektur

Dr.-Ing. Frank Petzold
petzold@fossi.uni-weimar.de
Bauhaus-Universität Weimar
Juniorprofessur Architekturinformatik

Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath
donath@archit.uni-weimar.de
Bauhaus-Universität Weimar
Professur Informatik in der Architektur

1. Einleitung

Mit den steigenden Anforderungen an Bauwerke ist auch für Planungsaufgaben im Baubereich eine zunehmende Komplexität zu verzeichnen. Dies gilt sowohl für den Neubau, als auch besonders für den Altbau, der durch unsichere Kenngrößen besondere Schwierigkeiten an die Planung stellt. Zur Bewältigung dieser Planungsaufgaben gebietet sich die fachliche Unterstützung durch digitale Systeme und Werkzeuge. Entsprechende Systeme, die den Planer unterstützen, existieren nicht oder nur unzureichend.

Die digitale Unterstützung der Planung ist Forschungs- und Arbeitsschwerpunkt der Professur Informatik in der Architektur (InfAR) der Bauhaus-Universität Weimar. Seit 1998 ist diese Forschungsarbeit in den Sonderforschungsbereich 524 'Werkzeuge und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken' durch ein eigenes Teilprojekt (D2) integriert. Die Installation einer Juniorprofessur 'Architekturinformatik' 2002 verstärkt die Bearbeitung in Forschung und Praxis.

Die in dem Tagungsband vorgestellten Arbeiten 'Architekturplanung im Bestand', 'Das Bauwerk als Informationscontainer in den frühen Phasen der Bauaufnahme', 'Plausibilität im Planungsprozess - Digitale Planungshilfen für die Revitalisierung von Gebäuden', 'Computernetzwerke als Integrations- und Planungswerkzeuge', 'Vision eines mitwachsenden Geometriemodells für die computergestützte Bauaufnahme' und 'Integrated Planning Support System for Low-Income Housing' sind weitere Bausteine des Forschungsgebietes und stehen in unmittelbarem Zusammenhang zum hier präsentierten Thema.

In dem nachfolgenden Beitrag wird EIN Schwerpunkt aus diesem Forschungskomplex „Planen und Bauen im Bestand“ näher diskutiert.

In den meisten Anwendungen des Bauwesens wird unter dem Begriff 'Bestandserfassung' überwiegend eine erste Bauaufnahme verstanden, bei der das Bauwerk in Grundrissen, Schnitten und Ansichten in seiner geometrischen Gestalt beschrieben wird. Für eine

gesicherte Planungsgrundlage werden daneben ergänzende Sachinformationen benötigt, wobei der Informationsbedarf an geometrischen und ergänzenden Sachinformationen über den Verlauf des Projektes ständig zunimmt (vgl. Beitrag F. Petzold in diesem Band).

Die geometrische Bestandserfassung wird mit geodätischen oder photogrammetrischen Messverfahren ausgeführt, die auf die Belange der Bestandserfassung angepasst werden, generell aber immer noch viel technisches Wissen und finanzielle Ressourcen erfordern. Die Integration dieser Messverfahren in einem prototypischen System wird in dem Beitrag von T. Thurow beschrieben. Obwohl durch eine Integration von klassischem Handaufmaß, Photogrammetrie und Tachymetrie in einem Erfassungssystem wesentliche Nachteile der traditionellen Methodik kompensiert werden können, bleiben zwei grundsätzliche Probleme bestehen:

- ein Großteil der Messungen kann nicht in direktem Kontakt zum Bauwerk ausgeführt werden, sodass viele Informationen nicht erkannt werden können und
- die Handhabung der Geräte kann auch durch die Integration in intelligente Software nicht maßgeblich vereinfacht werden.

Ergänzend muss festgestellt werden, dass in den üblichen Konzepten zur Bestandserfassung ein wesentlicher Punkt keine Berücksichtigung findet: die verdichtende Erfassung von Detailinformationen im Verlauf des Planungsprozesses oder während der Sanierung.

Die Geometrieerfassung von Bauwerksdetails in direktem Kontakt zum Bauaufnahmeobjekt unter Einsatz einfacher taktile Werkzeuge soll in diesem Beitrag in einem Systemkonzept aufgezeigt werden. Hierfür werden einleitend die wesentlichen Charakteristiken von klassischen Aufmaßverfahren beschrieben, die Defizite in der Aufnahmemethodik aufgezeigt und daraus ableitend ein Konzept für eine einfache Detailerfassung entwickelt. Anhand von bestehenden Verfahren zur taktilen Objekterfassung werden Realisierungsmöglichkeiten aufgezeigt und bewertet.

2. Traditionelle Erfassungstechniken

Traditionell erfolgt die Bestandserfassung mit konventionellen Messverfahren, die meist die bekannten analogen Ergebnisse in Form von Grundrissen, Schnitten und Ansichten bereitstellen. Die konventionellen Methoden der Geometrieerfassung sind im wesentlichen das Handaufmaß, die (reflektorlose) Tachymetrie und die Photogrammetrie. Diese Methoden sind in der Vergangenheit weiterentwickelt und auf die IT-bedingte veränderte Planungspraxis angepasst worden, um den Planungserfordernissen von Architekten zu genügen /Donath et al., 2002/.

a) Computergestütztes Handaufmaß

Das computergestützte Handaufmaß mit elektronischem Distanzmesser stellt die einfachste Methode dar, um einfache Raumgeometrien schnell und kostengünstig zu erfassen. Dabei sind folgende Charakteristiken zu verzeichnen:

- Die Messung erfolgt in direktem Kontakt zum Bauaufnahmeobjekt.
- Die Streckenmessung erfolgt meist zwischen zwei Flächen (Wandlänge, Raumhöhe, Türbreite etc.), an die der Entfernungsmesser angehalten werden muss.
- Je nach Entfernungsmesser kann eine bestimmte Distanz nicht unterschritten werden.
- Die Strecke kann nur zwischen Punkten direkter Sichtverbindung gemessen werden.

- Mit angemessenem Aufwand können nur einfach strukturierte Objekte (meist aus ebenen Flächen aufgebaut) erfasst werden.

b) Reflektorlose Tachymetrie

Neben dem computergestützten Handaufmaß wird häufig die reflektorlose Tachymetrie eingesetzt, mit der trotz einer Adaption auf die Erfordernisse von Planern wesentliche Nachteile verbunden sind:

- Bei der reflektorlosen Tachymetrie geht der direkte Kontakt zum Bauaufnahmeobjekt verloren.
- Eine direkte Sichtverbindung zwischen Geräte und Objektpunkt ist notwendig.
- Die Tachymetrie erfordert eine besondere Kenntnis und damit eine Spezialisierung auf die Bauaufnahme.
- Dadurch muss die Bauaufnahme an Experten delegiert werden, die zwar die Bauaufnahme beherrschen, nicht aber notwendigerweise über ausreichendes Wissen der 'eigentlichen' fachbezogenen Problemstellungen verfügen. Besonders deutlich wird dieses Defizit, betrachtet man beispielsweise die komplexen haustechnischen Installationen, die jedes Bauwerk durchziehen und einen wesentlichen Teil der vorhandenen, nutzbaren Substanz ausmachen.
- Eine detaillierte, geometriebezogenen Erweiterung der Datenbasis während des Revitalisierungsprozesses unterbleibt, da die Bauaufnahme mit der ersten Objekterfassung als abgeschlossen gilt und den Anwendern die Kompetenz zur Fortführung der geometriebezogenen Informationsermittlung fehlt.

c) Laser-Scanning

Das Laser-Scanning ist als Spezialverfahren der reflektorlosen Tachymetrie anzusehen, bei dem mit hoher Auflösung der Bauaufnahmeobjekt abgescannt wird und dadurch eine Punktwolke hoher Auflösung entsteht. Die systembedingten Nachteile sind denen der reflektorlosen Tachymetrie sehr ähnlich, ergänzend ist als wesentliches Kriterium festzuhalten: Es entsteht eine Beschreibung der Oberflächengeometrie hoher Auflösung, aus der im nachgeordneten Prozess die relevanten Bauwerksparameter abgeleitet werden müssen. Für diese Modellierung ist noch viel Entwicklungsarbeit zu leisten, sodass das Verfahren des Laser-Scannings für die planungsbezogene Bestandserfassung heute noch nicht eingesetzt werden kann. Auf eine besondere Applikation des Laser-Scannings für die Detailerfassung wird im zweiten Abschnitt des Beitrages eingegangen.

d) Photogrammetrie

Die Photogrammetrie besitzt mit den Verfahren der Mehrbild- und Stereophotogrammetrie keine Bedeutung für die planungsrelevante Bestandserfassung. Dies ist überwiegend begründet durch die hohen Kosten, durch die notwendige Spezialisierung der Bearbeiter, durch die Auswertung im Postprocessing. Prinzipiell ist die Stereophotogrammetrie zur Erfassung unregelmäßig strukturierter Bauwerkdetails geeignet.

Die Einbildauswertung durch Entzerrung ist gut für alle Oberflächen einzusetzen. Hiermit können schnell geometrisch korrekte Informationen hoher Auflösung gewonnen werden. Die Entzerrung stößt jedoch bei allen unregelmäßig strukturierten Oberflächen an ihre Grenzen, Entwicklungen in Kombination mit Laser-Scanning Verfahren haben noch keine Marktreife erreicht.

Für alle photogrammetrischen Verfahren gilt, dass eine direkte Sichtverbindung zwischen Kamerastandpunkt und Objektbereich herrschen muss. Hinterschneidungen können nicht erfasst werden.

Gleichfalls geht der direkte Kontakt zum Objekt verloren und bei Verwenden von Amateurkameras geringer Auflösung können Objektinformationen im Bild u.U. nicht erkannt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mit den geodätischen / photogrammetrischen Messverfahren eine Ersterfassung gut vorgenommen werden kann. Diese kann im wesentlichen dazu dienen, ein Übersichtsgeometriemodell aufzubauen und entzerrte Darstellungen für grundlegende Kartierungen bereitzustellen. Als wichtiges Ergebnis für die Gesamtbetrachtung der Bestandserfassung wird durch die Ersterfassung ein übergeordnetes Bezugssystem aufgebaut, auf das alle weiteren geometrischen Messungen bezogen werden können.

3. Defizite

Aus den Eigenschaften der klassischen Bauaufnahmeverfahren lässt sich ableiten, dass alle Verfahren für eine ergänzende Erfassung von kleinräumigen Details nicht oder nur bedingt geeignet sind. Es bleibt ein großer Anwendungsbereich übrig, der bislang mit ergänzenden Skizzen, direkt abgreifenden Messverfahren (Messkamm, Plastelin etc.) oder aufwendigen Messungen mit Schnüren, Loten und Zollstock ausgeführt worden ist. Dieses klassische manuelle Vorgehen weist wesentliche Nachteile auf:

- Skizzen ermöglichen geometrische Aussagen nur dort, wo Vermaßungen die entsprechenden Werte explizit angeben.
- Die ergänzenden Skizzen können nicht in das digitale Bauwerksmodell als Geometriedaten integriert werden. Sie können allenfalls als beschreibendes Attribut mit Bauteilen verknüpft werden.
- Eine exakte, reproduzierbare Verortung der Informationen ist nicht möglich.

Diese Nachteile können an drei Beispielszenarien anschaulich verdeutlicht werden:

- a) Messen von Details und Profilen bei nicht genormten Bauteilen (Fenster, Türen etc.)
Gerade zum kompletten oder teilweisen Austausch von Bauteilen ist eine zuverlässige reproduzierbare vor Ort-Erfassung der Abmessungen der Bauteile wichtig, um z.B. direkt aus der Objekterfassung die Daten für den Zuschnitt ableiten zu können. Dies ist gerade bei den im Altbaubereich häufig anzutreffenden stark gegliederten und verzierten Bauteilen mit klassischen Verfahren nur äußerst schwierig zu gewährleisten.
- b) Messen von Installationen, Leitungen etc.
Hier tritt neben einer komplexen Objektgeometrie oft das Problem von Verdeckungen auf, insbesondere dann, wenn die Objekte noch genutzt werden. Somit scheidet alle direkten optischen Messverfahren zur Erfassung aus.
- c) Einmessen von Prüf- und Messstellen an den Bauteilen
Die Einmessung von Prüf- und Messstellen sollte schnell und einfach bei u.U. hoher Genauigkeit zur Reproduzierbarkeit vonstatten gehen. Im Idealfall wird die Positionierung in die Messwertnehmer integriert, so dass nur ein Erfassungsvorgang ausgeführt werden muss. Auch für diese Anwendung sind die beschriebenen klassischen Verfahren eher ungeeignet.

4. Neue Techniken in der Bestandserfassung

In diese Lücke der geometrischen Objekterfassung können bekannte taktile Messverfahren treten, die auf die Anforderungen im Altbaubereich adaptiert werden müssen. Unter Einsatz moderner taktile Erfassungsmethoden kann das Handaufmaß eine ganz neue Bedeutung für die Datenerfassung gewinnen.

4.1 Integration taktile Verfahren in ein Gesamtsystem zur Bestandserfassung

Bevor auf die einzelnen Verfahren eingegangen wird, muss die Integration der taktile Verfahren in ein Gesamtsystem zur Bestandserfassung entwickelt werden. Die Systemintegration der taktile Verfahren ist notwendig, weil sich alle taktile Verfahren durch wesentliche Charakteristiken auszeichnen:

- hohe Genauigkeit,
- aber geringe Reichweite
- oft Realisierung unter Laborbedingungen

Alle taktile Verfahren sind als isoliertes Erfassungssystem nicht in der Lage, übergeordnete Geometriedaten zu erfassen und damit Bauteile mit der erforderlichen Genauigkeit in ihrer absoluten Lage zu positionieren. Sie beziehen sich auf eine eigene Systemreferenz, die in Form von Sensern oder Bezugspunkten in direkter Nähe zum Erfassungsgegenstand realisiert ist.

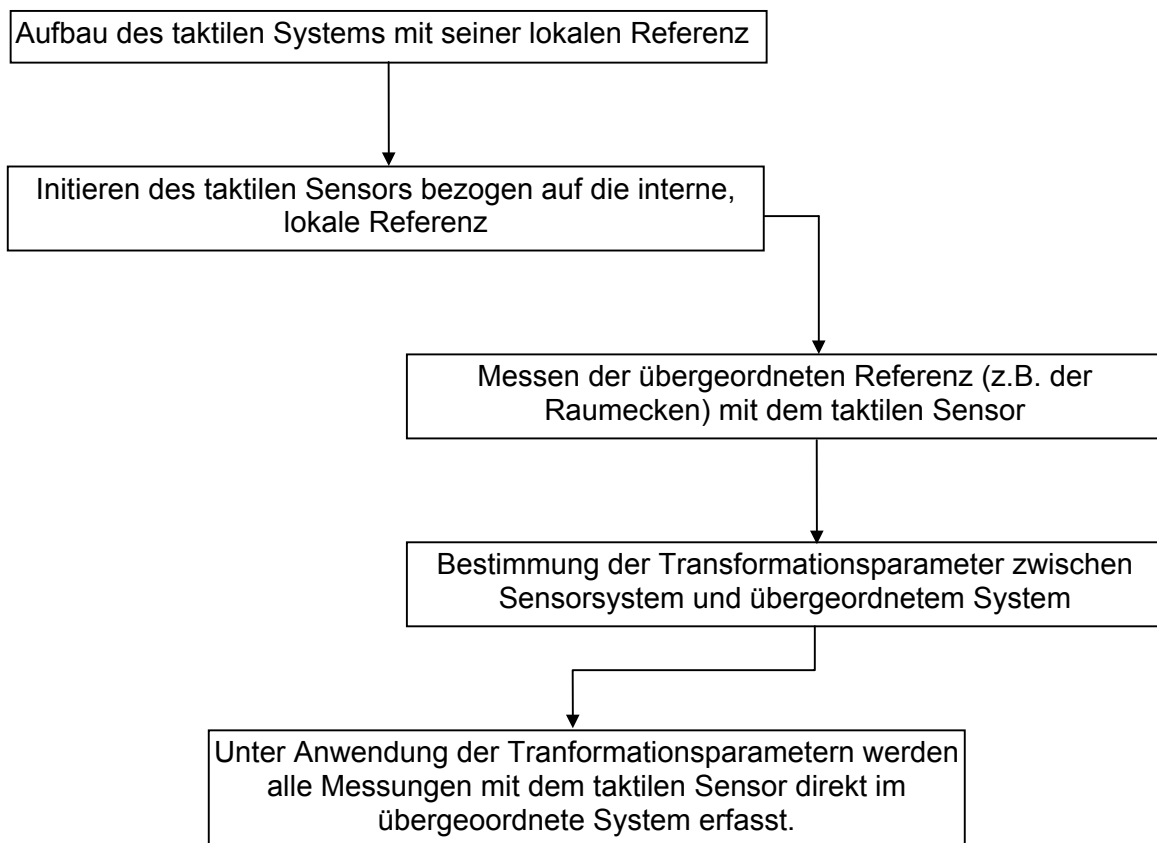


Abb.1: Freie Stationierung von taktile Sensoren im Gesamtsystem

Die absolute Positionierung der Messungen muss demnach durch Integration in ein übergeordnetes System vorgenommen werden. Dieses Integration ist innerhalb eines Gesamtsystems zur Bauaufnahme leicht zu lösen, liegt doch bereits ein erstes Bauwerksmodell mit genauen, übergeordneten Koordinaten der wesentlichen Bauteile vor. Dies sind mindestens Raumecken und Leibungsecken der Tür- und Fensteröffnungen, auf die sich alle Messungen mit den taktilen Verfahren beziehen können. Das Vorgehen zur Integration in das übergeordnete System kann wie in Abbildung 1 skizziert vorgenommen werden.

Das Vorgehen entspricht einer klassischen freien Stationierung in geodätischen Anwendungen. Die Transformation der Systeme aufeinander sollte so realisiert werden, dass die hohe Genauigkeit der Detailerfassung der taktilen Sensoren nicht durch Einflüsse aus den ungenaueren übergeordneten Punkten (Raumecken) des Gesamtmodells verschlechtert werden. Entsprechende Algorithmen sind aus der geodätischen Praxis verfügbar /vgl. Niemeier, 2002/ und können leicht auf diese Anwendung appliziert werden.

Auf diese Weise ist eine Initialisierung der Messtaster im übergeordneten System, bei entsprechender Einbettung in die Software einfach für den Nutzer zu realisieren.

4.2 Taktile Systeme

Die Adaption taktiler Erfassungssysteme kann aus zwei großen eigenständigen Anwendungsfeldern vorgenommen werden: aus der Geometriekontrolle im Maschinenbau und der Positionierung bei VR/AR Anwendungen. Aus beiden Bereichen wird jeweils ein System näher vorgestellt werden.

Des weiteren werden ähnliche Positionierungssysteme zum Tracking von Benutzer in Gebäuden angewendet /Schiele, 1999. IGD, 2003/. Dabei kommen verschiedene Prinzipien zum Einsatz, die aber aufgrund der zu geringen Genauigkeit nicht für die Detailerfassung in Bauwerken geeignet sind. Eine eigenständige Entwicklung eines sogenannten Indoor-GPS-Systems ist auf der Grundlage von Schallwellen von /Ziegler, 1995/ entwickelt worden. Dieses System hat bisher keine Praxisreife und Verbreitung gefunden.

Die für die Detailerfassung potenziell geeigneten Positionierungssysteme lassen sich in drei große Gruppen einordnen:

a) Optische Systeme

Optische Systeme erfordern eine direkte Sichtverbindung zwischen dem Taster und der Systemreferenz. Sie genügen z.T. allerhöchsten Genauigkeitsanforderungen (wie z.B. laserinterferometrische Verfahren /Leica, 2003/, erfüllen aber immer die Genauigkeitsanforderungen für die Detailerfassung. Im nächsten Kapitel werden zwei ausgereifte und robuste Systeme aus dem Bereich des Maschinenbaus /ProCam, 2003/ und der Positionierung für VR-Anwendungen /HiBall-3100, 2003/ vorgestellt.

b) Elektromagnetische Systeme

Elektromagnetische Systeme, die häufig für VR-Anwendungen eingesetzt werden /z.B. Polhemus, 2003/, sind für die Detailerfassung grundsätzlich nicht geeignet, weil sie der Beeinflussung durch metallische Gegenstände in den Gebäuden unterliegen.

c) Inertiale Systeme

Inertiale Systeme sind flexibel einzusetzen, weil sie grundsätzlich ohne eine externe Referenz betrieben werden können. Das auftretende Driftverhalten der Sensoren erfordert aber eine Kombination mit weiteren Sensoren. Das Anwendungspotenzial für die

Detailerfassung ist noch vertiefender zu evaluieren, bestehende Lösungen sind z.B. bei /Intersense, 2003/ zu finden.

4.2.1 Optisches System HiBall-3100

Das Tracking-System HiBall-3100 /HiBall-3100, 2003/ ist entwickelt worden für VR/AR-Anwendungen. Es zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- einfache Handhabung und Montage
- geringes Gewicht
- hohe Genauigkeit bei hoher Frequenz der Positionierung



Abb.2: HiBall-3100 optical sensor

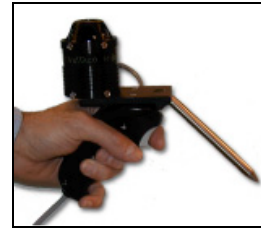


Abb.3: HiBall-3100 Stylus

Das System besteht aus einem optischen Sensor mit sechs angeordneten Linsen, sodass eine Rundumsicht gewährleistet werden kann (Abb.2). Beobachtet werden Infrarot LED's die als Referenzmarken im Arbeitsbereich angebracht werden. Die Montage mit einem Stylus verwandelt den HiBall-Sensor in einen taktilen Taster zur Positionierung (Abb.3). Das HiBall-3100 System ist für Laborbedingungen ausgelegt, eine Anpassung für den Baubereich muss sich aus dem Praxiseinsatz ergeben.

4.2.2 Optisches System ProCam

Der ProCam 3D-Messtaster /ProCam, 2003/ ist entwickelt für Messaufgaben im industriellen Umfeld und basiert auf photogrammetrischen Prinzipien. Folgende Parameter sind für den Einsatz zur Detailerfassung relevant:

- robust in der Handhabung
- verschiedene Tastspitzen zum Antasten verdeckter Punkte
- hohe Genauigkeit bei manueller Messauslösung
- variabler Einsatz durch sogenannte Target-Panel

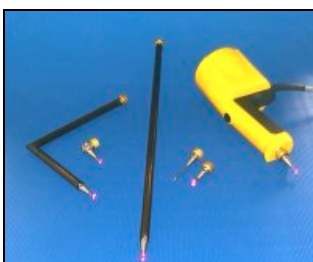


Abb.4: ProCam Messtaster mit verschiedenen Tastspitzen



Abb.5: ProCam Messtaster on-site

In den Messtaster sind drei CCD-Kameras integriert, die ein Bezugsfeld aus codierten Messmarken beobachten, daraus wird die Position des Tasters berechnet. Für die Detailerfassung in Gebäuden kann die interne Referenz durch sogenannte Target-Panel realisiert werden, die frei im Raum positioniert werden können. Die Antastspitzen sind frei zu

wechseln und können damit auch verdeckte Punkte erfassen. Der Taster ist als Entwicklung im industriellen Umfeld sehr robust und einfach zu handhaben. Eine CAD-Anbindung ist bereits realisiert. Für die Anwendung im Industriebereich stehen nutzerbezogene Schnittstellen für eine Einbindung in den Produktionsprozess zur Verfügung. Die Konfiguration für die Industrievermessung weist jedoch ein zu geringes Preis-Leistungsverhältnis für Anwendungen im Bauwesen auf.

4.2.3 Handgeführte Laser-Scanner

Eine besondere Stellung für die Detailmodellierung nehmen die sogenannten handgeführten Laser-Scanner ein. Handgeführte Laser-Scanner sind für die Detailerfassung besonders geeignet, weil sie

- wie alle Laser-Scanning-Verfahren ein Oberflächenmodell hoher Auflösung erfassen,
- aber im Gegensatz zu konventionellen Scanning-Verfahren ausschließlich auf kleine Objektbereiche angewendet werden können.

Aber genau dort kann die hohe Visualisierungsqualität des scannenden Verfahrens optimal eingesetzt werden, um die Modellierung von kritischen Punkte am Bauwerk vornehmen zu können. Denkbar sind Anwendungen zur Modellierung von Knotenpunkte in Dachstühlen oder die vor Ort Modellierung von Kapitellen, Skulpturen etc.



Abb. 6: Handgeführter Laser-Scanner HLS /HLS, 2003/

Die Positionierung des Laser-Scanners kann mit o.g. Verfahren erfolgen. Der Laser-Scanner HLS (Abb. 6) wird mit einem elektromagnetischen Tracker positioniert. Diese unter Laborbedingungen realisierte Lösung ist auf die Anwendung unter den Arbeitsbedingungen im Altbau zu modifizieren und könnten dort eine vollständig neue Lösung für 1:1 Modellierung von Bauwerkdetails darstellen. Die Effizienzsteigerung im Vergleich der aufwändigen Handskizzen wäre beträchtlich.

5. Applikationspotenzial für eine Anwendung der Detailerfassung – Ausblick

Über den Erfolg und die wirtschaftliche Rentabilität der Detailerfassung nach oben beschriebenen Konzept entscheiden neben der technischen Umsetzung zwei wichtige Randbedingungen:

1. Integration der Detailerfassung in ein Gesamtsystem zur Bestandserfassung (wie es innerhalb des Projektbereiches D2 des SFB 524 durch die Experimentalplattform FREAK

realisiert ist, vgl. Beitrag T. Thurow). Nur so stehen die Informationen allen am Bauprozess beteiligten Disziplinen uneingeschränkt zur Verfügung.

2. Anbindung der Detailerfassung an Datenformate eines oder mehrerer Partialsysteme, damit die Ergebnisse direkt für Fachgewerke genutzt werden können. Erst durch die direkte Verwendung der Detailerfassung wird diese überhaupt wirtschaftlich eingesetzt werden können.

Referenzen

D. Donath, F. Petzold, T. Thurow (2002): Planning relevant survey of buildings -starting point in the revitalization process of existing building - requirements, concepts, prototyps and visions. The CIPA International Archives for Documentation of Culture Heritage, Volume XVIII – 2001, pp. 565-572.

HiBall-3100 (2003): HiBall-3100 Tracker. <http://www.3rdtech.com/HiBall.htm> (Stand April 2003).

HLS (2003): http://www.rsi.gmbh.de/hls_d.htm (Stand April 2003).

IGD (2003): IrDA-Beacon Transmitter. Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung. <http://www.rostock.igd.fhg.de/~mmt> (Stand April 2003)

Intersense (2003): <http://www.isense.com> (Stand April 2003).

Leica (2003): <http://www.leica-geosystems.com/ims/product/ltd500.htm> (Stand April 2003)

Niemeier, W. (2002): Ausgleichsrechnung. De Gruyter Lehrbuch, Berlin 2002.

Polhemus. (2003): Polhemus Fast Track. <http://www.polhemus.com> (Stand April 2003).

ProCam (2003): ProCam mobiler 3D-Messtaster. <http://www.aicon.de> (Stand April 2003).

Schiele, G. (1999): Positionierung von Benutzern innerhalb eines Gebäudes. Studienarbeit Nr.: 1739, Fakultät Informatik, Universität Stuttgart (1999).

Ziegler, C. (1995): Entwicklung und Erprobung eines Positionierungssystems für den lokalen Anwendungsbereich. Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Dissertationen, Nr. 446 (1995).