

# Aktuelle Geräte und IT - Unterstützung in der architektonischen Bestandsaufnahme

## - Grenzen, Möglichkeiten & Visionen

Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath, Dipl.-Ing. Maren Liedtke, Dipl.-Inf. Frank Petzold  
Professur Informatik in der Architektur  
Bauhaus-Universität Weimar

### Vorwort

Im Artikel werden die Ergebnisse des Teilprojektes D2 „Bauplanungsrelevantes digitales Gebäudeaufnahme- und Informationssystem“ im Rahmen des SFB 524 „Werkstoffe und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken“<sup>1</sup> der Analyse aktueller Geräte und informationstechnischer Lösungen zur tachymetrischen architektonischen Bauaufnahme dargelegt. Ausgehend von der Analyse tachymetrischer Geräte wird eine Ideenskizze aufgezeigt, die den Gesamtprozeß der Bauaufnahme adäquat unterstützt. Den Abschluß bildet ein Ausblick auf zukünftige Möglichkeiten unter der Einbeziehung von VR und AR sowie gerätetechnischer Neuerungen aus der Geodäsie.

### Anforderungen an IT-gestützte Prozesse in der Bauaufnahme

Der Aufbereitung der Bauaufnahme hinsichtlich einer Rechnerunterstützung muß eine eingehende Analyse des Prozesses und des Gegenstandes vorausgehen.

Neben der Aufnahme der Geometrie (das *Bauaufmaß* im engeren Sinne) müssen Informationen verschiedener Art, wie Sachdaten, Fotos und Skizzen, strukturiert aufgenommen werden. Diese Informationen wurden klassifiziert und elementbezogene Aufnahmemethoden und -techniken abgeleitet. Dabei wird zwischen der unmittelbaren Aufnahme vor Ort und der mittelbaren Arbeit im Büro unterschieden.

Nach der Analyse verschiedener Bestandsaufnahmeprojekte, photogrammetrische Verfahren wurden nicht in die Analyse einbezogen, lassen sich folgende Aufmaß-/Aufbereitungsverfahren bzw. Vorgehensweisen unterscheiden – wobei diese vor allem in den Anforderungen der Praxis begründet liegen: [3]

1. **komplett/überwiegend Tachymetrie** inkl. Generierung von Zeichnungen/Modellen
  - wirklichkeitsgerecht
  - idealisiert
2. **Grundstruktur** (Außenkanten, Treppenhäuser, relevante Höhen) **durch Tachymetrie und Handaufmaßergänzungen** inkl. Generierung von Zeichnungen/Modellen
3. **komplettes Handaufmaß** inkl. Generierung von Zeichnungen/Modellen
4. **Hand-Kontrollaufmaß** (Überprüfung vorhandener Zeichnungen/Modelle)
5. **CA(A)D-Aufbereitung/-übernahme** vorhandener (manueller) Pläne
  - durch Konstruktion
  - durch Digitalisierung (über Digitalisiertablett oder Überzeichnung gescannter Pläne am Bildschirm) bzw. Scannen und Vektorisieren

Ausgehend von dieser Analyse wurden Anforderungen an ein Bauaufnahmesystem abgeleitet, die als Grundlage für die Einschätzung geodätischer Geräte und kommerziell verfügbarer Softwarelösungen dienen. [6] [7]

---

<sup>1</sup> Dieses Projekt wird gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

## Tachymeter in der Geodäsie und der Bauaufnahme – ein Widerspruch ?

Tachymetrische Verfahren sind heute die am häufigsten verwendeten Verfahren in der planungsrelevanten Bestandsaufnahme.

Eine wesentliche Anforderung, die gegenwärtig von Seiten der Bestandsaufnahme an tachymetrische Aufnahmesysteme gestellt wird, ist, daß Tachymeter die Funktionsweisen ähnlich einer 3D-Maus aufweisen sollten. Die Tachymeter sollen somit als 3D-Sensoren verstanden werden, die lediglich Daten erfassen und diese an Bauaufnahmeapplikationen weiterleiten. Daraus resultiert die Forderung nach einer einfachen, übersichtlichen und leicht erlernbaren Bedienstruktur. Demgegenüber stehen die rein geodätischen Vermessungsinstrumente, deren Bedienung auch heute noch teilweise erhebliches vermessungstechnisches Wissen erfordert, angefangen bei der Zentrierung, über die Justierung bis hin zur Durchführung von Kalibrierungsmessungen.

Zur Zeit wird zwischen fünf verschiedenen auf dem Markt vorherrschenden Ausbaustufen eines Tachymeters (Tachymeter ohne zusätzliche Ausbaustufe, motorisierter Tachymeter, Tachymeter mit reflektorloser Distanzmessung, Tachymeter mit automatischer Zielfindung/-suche einschließlich Fernbedienung, motorisierter Tachymeter mit reflektorloser Distanzmessung) und der Gruppe der Laserscanner unterschieden (Abb1).

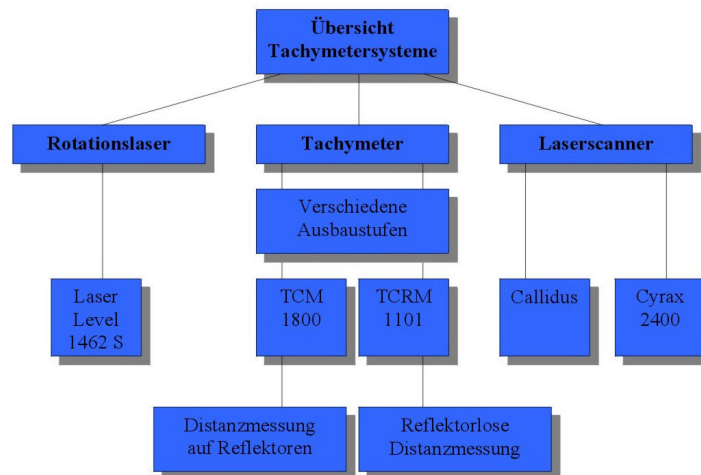


Abb. 1 Klassifikation von Tachymetersystemen

In der Bauaufnahme kommen vor allem die Vorteile reflektorlos messender Tachymeter zum Tragen, da häufig unzugängliche sichtbare Punkte aufgenommen werden müssen. Die aufzunehmenden Punkte müssen nicht extra signalisiert (Reflektor oder Folien) werden, und somit ist der Einsatz eines Meßgehilfens, der den Reflektor aufhält, nicht mehr notwendig.

Die Genauigkeitsanforderungen in der Bestandsaufnahme sind von der Zielsetzung (idealisierte oder wirklichkeitsnahe Aufnahme) und von dem Bauwerkstyp abhängig. Auf jeden Fall erfüllen reflektorlos messende Tachymeter mit höherer Genauigkeit als 1 cm die Anforderungen der Bauaufnahme.

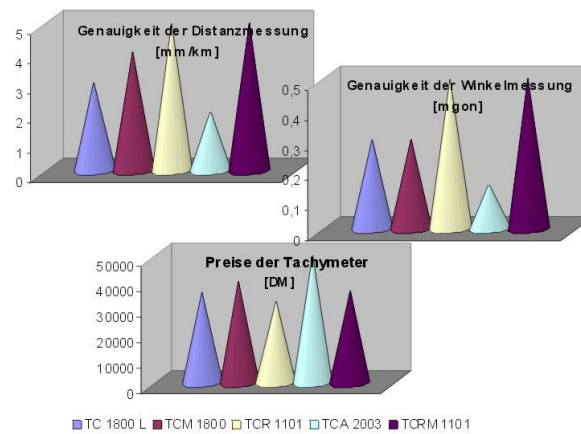


Abb.2 Vergleich tachymetrischer Systeme

In der Abbildung 2 sind die Tachymeterkenndaten für ein Tachymeter ohne zusätzliche Ausbaustufe (TC 1800 L), für ein motorisiertes Tachymeter (TCM 1800), für ein reflektorlos messendes Tachymeter (TCR 1101), für ein Tachymeter mit automatischer Zielfindung/-suche (TCA 2003), für ein reflektorlos messendes motorisiertes Tachymeter (TCRM 1101) dargestellt. [13]

Probleme bei der reflektorlosen Tachymetrie treten allerdings bei der Anzielung von Ecken, von schrägen Flächen, von hellen nassen Flächen oder auch bei der Anzielung von Flächen, die aus bestimmten Materialien bestehen (z.B. Styropor, dort erfolgt die Reflexion des Laserstrahls erst hinter der Oberfläche) auf, die zu erheblichen Verfälschungen der Meßergebnisse führen können (Abb. 3). Diese „Probleme“ müssen durch andere Herangehensweisen bei der Aufnahme abgefangen und in einer Bauaufnahmeapplikation berücksichtigt werden. [5]

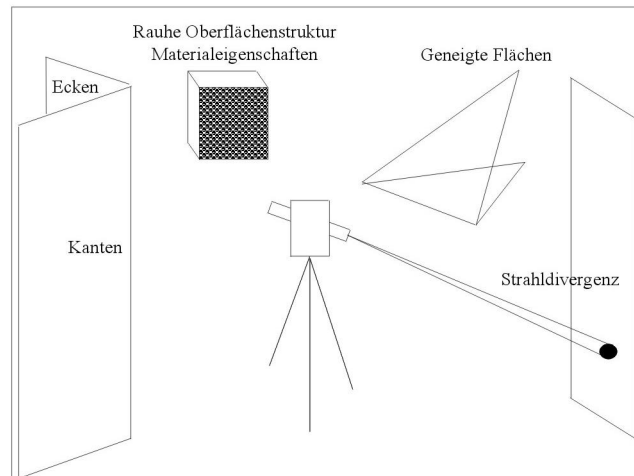


Abb. 3. Problemfelder bei der reflektorlosen Tachymetrie

Ein sogenanntes Blackboxsystem, wie es von Seiten der Bestandsaufnahme gefordert wird, ist auf dem geodätischen Markt gegenwärtig noch nicht vertreten. Es wurden allerdings gerade in den letzten Jahren erhebliche technische Verbesserungen an den tachymetrischen Systemen vorgenommen, die eine effizientere Bestandsaufnahme ermöglichen.

Der Forderung nach einfacher Handhabung der reflektorlosen Tachymetersysteme und der Beschleunigung des Meßvorgangs wurde durch Einführung folgender technischer Neuerungen Rechnung getragen. Dies sind z.B. :

- Laserpointer zur Visualisierung des Zielstrahls mit Hilfe eines roten Laserpunktes
- automatisches Laserlot
- Kompensator für automatische Horizontierung
- Servoantrieb für automatische Messungen

- Datenübertragung per Funk
- Fernsteuerung des Tachymeters zur Gewährleistung der unveränderlichen Stationierung

Sollen zukünftige Tachymeter als „normale“ 3D-Eingabegeräte betrachtet werden, so müssen noch Aspekte wie z.B. vollautomatische Zentrierung und automatische Feinhorizontierung realisiert werden.

## Eine Ideenskizze zur Unterstützung des Bauaufnahmeprozesses

Derzeit existieren verschiedene digitale Unterstützungen bei der direkten und indirekten Erfassung von Geometriedaten. Die verfügbaren Verfahren und diesbezüglichen kommerziellen Systeme einer architekturengerechten Bauaufnahme wurden am konkreten Gebäudebestand getestet. Erste Auswertungen erfolgten hinsichtlich des Einsatzverhaltens, der Genauigkeit, der Strukturierung und der Aufnahme weiterer Informationen. In die Analyse wurden CASOB<sup>®</sup>, MOBI<sup>®</sup> und TachyCAD<sup>®</sup> einbezogen. [3]

Die Untersuchungen zeigten, daß zwar der technische Aspekt des Bauaufmaßes hinreichend Berücksichtigung findet, die Handhabung aber oft sehr problematisch ist. Ausgehend von diesen Untersuchungen entstand eine prototypische Implementation GEBISexp, die eine strukturierte bauteilorientierte Aufnahme der vorgefundenen Bausubstanz ermöglicht. Die kommerzielle Weiterentwicklung des Experimentalsystems stellt VITRUVIUS<sup>®</sup> dar [3].

Die Erfassung von vorhandener Bausubstanz ist immer vom jeweiligen Verwendungszweck abhängig. So wurden weitere Untersuchungen hinsichtlich der Strukturierung in Ordnungssystemen sowie Art und Umfang, Detaillierungsgrad und Abstraktion der geometrischen Informationen durchgeführt. Eine strukturierte elementbezogene Erfassung in Ordnungssystemen wird nicht oder nur in einem „fest verdrahteten“ Ordnungssystem – die den Bauaufnehmenden vordefinierte Bausteine mit „festen“ Relationen, geometrischen Repräsentationen und Aufnahmemethodiken anbieten- unterstützt. Der Bauaufnehmende hat nicht die Möglichkeit, Modellierungstechnologien zur Bildung von Ordnungssystemen zu definieren. Maximal können Attribute bzw. informale Daten zur Laufzeit angefügt werden. Der gesamte Bauaufnahme-prozeß wird adäquat nicht unterstützt. [4]

Die Ergebnisse der Untersuchungen unterstreichen, die bereits in [7] formulierten Anforderungen an ein Bauaufnahmesystem, wie :

- durchgängige Unterstützung des Bauaufnahmeprozesses
- Modellbildung vor Ort und Möglichkeit von Plausibilitätsprüfungen
- kombinierte Aufnahme von Informationen unterschiedlichen Charakters
- Unterstützung der Erzeugung von Ordnungsstrukturen zur Laufzeit
- Möglichkeit der Anpassung der geometrischen Repräsentation
- flexible Aufnahme durch Kombination verschiedener Verfahren

Diese Anforderungen fanden in der neuen Konzeption Berücksichtigung. Das Konzept umfaßt ein Set von Tools für die computerunterstützte Erfassung von Bauwerken der Hochbauarchitektur. Die einzelnen Tools formen dabei ein durchgängiges, evolutionäres, flexibles System - von der Erstbegehung bis hin zu einer planungsgerechten Aufbereitung nach fachspezifischen Anforderungen. Das konzipierte System soll den Bauaufnehmenden bei der strukturierten Erfassung von Bauwerken, der Nachbereitung der Daten und der Auswertung unterstützen. Dabei sind die einzelnen Tools für genau einen Aspekt im Bauaufnahme-prozeß ausgelegt.

*„Zu einem echten Werkzeug für Konstrukteure (Architekten und Bauingenieure – Anmerkung der Autoren) könnte der objektorientierte Aufbau erst dann werden, wenn sie die Möglichkeit erhalten, neue Klassen und Objekte interaktiv zu erzeugen ... Wie solche Möglichkeiten realisiert werden können, ohne daß die Konstrukteure vertiefte Programmierkenntnisse benötigen, ist weitgehend offen.“ [10]*

Die Grundphilosophie des Systems ist die Objektorientiertheit, die sich dem Bauaufnehmenden auch im Front-End darstellt. Der Bauaufnehmende hat die Möglichkeit, Ordnungssysteme zu erzeugen, zu manipulieren, zu detaillieren und zu löschen – interaktiv neue Klassen und Objekte zu erzeugen.

Folgende Teilsysteme unterstützen jeweils einen Aspekt im Bauaufnahmeprozeß:

„**Erstbegehung**“ - realisiert die Abbildung der wesentlichen Elemente in einer skizzenhaften Form, die sowohl raum- als auch bauteilorientiert Einheiten abbildet. Das Ergebnis dieses Schrittes ist eine grobe, vorläufige skizzenhafte raumorientierte Gliederung des Bauwerkes.

„**Aufnahme**“ - realisiert die zerstörungsfreie / zerstörungsarme Erfassung planungsrelevanter Daten vor Ort. Als Aufnahmeverfahren werden reflektorlos messende Tachymeter bzw. reflektorlos motorisierte Tachymeter mit händischen Ergänzungen unterstützt. Im Ergebnis entstehen Flächenmodelle und Vermutungen über strukturelle Zusammenhänge, verbaute Materialien etc.

„**Konstruktive Gliederung**“ - beinhaltet die Beschreibung eines Bauwerkes durch reale Konstruktionselemente und deren mögliche Zusammenhänge. Es werden Werkzeuge angeboten, die aus den aufgemessenen Flächen mögliche konstruktive Bauteile bilden.

Weitere Teilsysteme, die die Bauaufnahme unterstützen, sind :

„**Dokumentation & Präsentation**“ – realisiert die Überführung des digitalen Gebäudemodells in :

- Gebäude- und Raumbücher (Überführung in Textverarbeitungssysteme)
- numerisch auswertbare Darstellungen ( Überführung in Kalkulationsprogramme)
- hypermedia basierte System (Überführung in eine web-basierte Präsentation - url: <http://www.uni-weimar.de/iar/GebIS>)

„**Auskunftsmodul**“ - bietet die Möglichkeit an, Informationen abzurufen, auszuwerten und weiterzuverarbeiten. Es hält auf verschiedene Weisen Informationen über das Gebäude bereit. Die Darstellung der aufgenommenen Daten ist eine Kombination aus VRML Darstellungen und HTML Seiten.

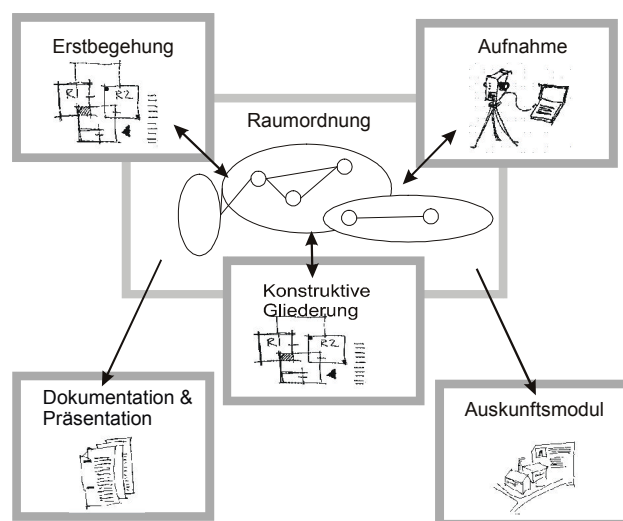


Abb. 4 Prinzip des Konzeptes

Aufgrund der Komplexität in der Bauaufnahme muß das System äußerst flexibel und im höchstem Maße anpaßbar sein, um allen Anforderungen gerecht zu werden.

Im System sind 3 Ordnungsstrukturen wesentlich :

- die raumorientierte Struktur
- die bauteilorientierte Struktur
- die geometrische Struktur

Die **raumorientierte Struktur** ist für alle Teilsystemen die zentrale Komponente. Sie ist das Bezugssystem für alle Teilmodelle und ermöglicht die einheitliche Navigation innerhalb des abzubildenden Gebäudes.

Die zweite wesentliche Struktur ist die **bauteilorientierte Struktur**. Das Hauptaugenmerk liegt bei der Bauaufnahme beim Bauaufmaß. Die vordefinierte Beschreibung der Gestalt von Elementen in der Bauteilstruktur ist schwierig, wenn nicht sogar unmöglich. In einem dritten Ordnungssystem der **geometrischen Struktur** wird die Gestalt separat verwaltet. Die Verbindung zwischen den Elementen in der bauteilorientierten Struktur und der Gestalt wird als geometrisches Attribut –ein Verweis auf ein Element in der geometrischen Struktur – realisiert.

Die Teilmodelle, die den Aufnahme-prozeß unterstützen, besitzen wegen des evolutionären und dynamischen Charakters separate bauteilorientierte und geometrische Strukturen.

In einer übergeordneten Integrationsumgebung werden die Beziehungen zwischen den Teilmodellen, wie sie in [11] beschrieben wird, realisiert.

Teilaspekte des Konzeptes werden prototypisch umgesetzt und unter praxisrelevanten Bedingungen getestet. Bereits erprobte Prototypen, wie variable Attributierung [19] dynamische Modellverwaltungssysteme [20] oder flexible geometrische Aufnahme [5], fließen in die Konzeption ein.

## Ausblick

Der vorgestellte Artikel reflektiert Grundlagenuntersuchungen zu bestehenden Methoden, Technologien und Geräten in der Bestandsaufnahme hinsichtlich der Eignung bei der Erfassung planungsrelevanter Daten sowie die Konzeption eines Bauaufnahmesystems.

Nach der Analyse weiterer originärer, wie Photogrammetrie, GPS, und sekundärer Techniken, wie Digitalisierung für die Erfassung von Bauwerken, ist das Ergebnis dieser Phase eine detaillierte Beschreibung und Bewertung von Erfassungsmethoden, –technologien und –geräten hinsichtlich des Einsatzes in der Bauaufnahme. Diese werden schrittweise in das Gesamtkonzept „Planungsrelevantes Bauaufnahmesystem“ einbezogen.

Dabei wird verstärkt der Arbeitsprozeß in der Bauaufnahme aus fachlicher Sicht untersucht und informationstechnisch aufbereitet, sowie Anforderungen an die Geodäsie und Informatik formuliert.

Ziel ist die adäquate Unterstützung von Belangen seitens der Architekten und Bauingenieure mit heutigen und tendenziellen Möglichkeiten der Geodäsie und Informatik.

In der Geodäsie wird beispielsweise an der Entwicklung intuitiver und leicht bedienbarer Geräte, sowie an der Kombination verschiedener Verfahren zu einem hybriden Aufnahmesystem gearbeitet. [12] [14]

Die Einbeziehung neuer Technologien der Informatik, wie wearable computing oder augmented reality, eröffnet interessante Möglichkeiten für zukünftige Bauaufnahmesysteme. [16] [18]

Aktuelle und weitergehende Informationen sowie prototypische Realisierungen stehen auf der Webseite <http://www.uni-weimar.de/architektur/InfAR/forschung/GebIS/index.html> zur Verfügung.

Quellen:

- [1] Bull, R. **Die Intergeo '99 in Hannover**. In : Der Vermessungsingenieur (Heft6/99), 1999.
- [2] Cramer, J. **Handbuch der Bauaufnahme - Aufmaß und Befund**. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 1993.
- [3] Donath, D.; Grützmacher, A.; Petzold F.; Meye H.G. **Abschlußbericht zum Forschungsprojekt GEBIS 1997**. 1997.
- [4] Donath, D., Liedtke, M., Petzold, F. : **Untersuchungen zu tachymetrischen Geräten und Softwarelösungen in der Bestandsaufnahme** – internes Arbeitspapier, 2000
- [5] Donath, D., Petzold, F., Tscherepanow, R., Thurow, T. **Geometrieabbildung in der planungsrelevanten Bauaufnahme**. IKM Vortragsmanuskript, 2000.
- [6] Donath, D., Petzold, F. : **A digital way of planning based on information surveying** In : Junge, R. (Ed.) CAAD futures 1997, Kluwer Academic Publishers – Dordrecht, Boston, London, 1997
- [7] Donath, D., Petzold, F. : **Towards a building information system based on computer-supported surveying system - requirements, basics ,concept, implementation and experience** In: Asanowicz, A., Jakimowicz, A. Towards new design convention, Technical University of Bialystock, 1997
- [8] Eckstein, G. **Empfehlungen für Baudokumentationen – Bauaufnahme – Bauuntersuchung**. Landesamt Baden-Württemberg Arbeitsheft 7, Konrad Theiss Verlag GmbH, Stuttgart, 1999.
- [9] Heiliger, R. : **Werkzeuge und Verfahren in der Bauaufnahme** In : <http://www.ingenieurteam2.com/neues/054f.htm> (5.11.1999)
- [10] Heinecke, A.M.; Fleßner, H.C. **Auswirkung des Objektorientierten Modellierens auf die Arbeit des Konstrukteurs und die Gestaltung der Benutzeroberfläche**. In: IKM Abstrakt, HAB Weimar, 1994.
- [11] Hübler, R., Willenbacher, H. : **Relationen zwischen Domänenmodellen – Ansatz zur Schaffung einer integrierenden**

- [12] **computergestützten Bauplanungsumgebung**, IKM Vortragsmanuskript, 2000.  
Ingensand, H. **Robotertachymeter – Polare Positionstachymeter der Zukunft**. In : Moderne Sensorik für die Bauvermessung , VDI Berichte 1454, VDI Verlag GmbH Düsseldorf 1999,  
http://www.leica-geosystems.com/ (10.04.2000)
- [13] Niemeier, W. **GPS-Positionierung im Hinblick auf Anwendungen im Bauwesen**. In : Moderne Sensorik für die Bauvermessung , VDI Berichte 1454, VDI Verlag GmbH Düsseldorf 1999,  
[14] **Sonderforschungsbereich 524** - Gesamtdarstellung des SFB 524. http://www.uni-weimar.de/~sfb/gesamt.html (11.04.00)
- [15] http://wearables.www.media.mit.edu/projects/wearables/wearlinks.html (10.04.2000)
- [16] Pomaska, G. **Baufaufnahme unter Berücksichtigung der Anforderung von Informationssystemen**. Vortragsmanuskript, Fachhochschule Bielefeld, 2000.
- [17] http://www.siemens.de/Ful/de/zeitschrift/archiv/Heft2\_99/artikel01/index.html (11.04.00)
- [18] Tscherepanow, R. **Variable Attribute**. http://www.uni-weimar.de/architektur/InfAR/forschung/GebIS/va/va.html, 1997.
- [19] Tscherepanow, R.; Thurow, T. **Konzeption eines flexiblen, bauteilorientierten, tachymetrischen Aufmaßsystems**. http://www.uni-weimar.de/architektur/InfAR/forschung/GebIS/sam2000/sam2000.html, 2000.
- [20] Wagnerin, G. **Baufaufnahme - Grundlagen, Methoden, Darstellung**. Vieweg Verlag Braunschweig, 1992.
- [21] Witte, B. **Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen**. Stuttgart, 1991.
- [22]