

# Zukünftige Techniken für eine computergestützte Planungspraxis - applikative Tools für die architektonische Bestandserfassung

## Autoren

**Donath, Dirk** Prof. Dr.-Ing.  
**Petzold, Frank** Dipl.-Inf.

Die Autoren arbeiten am Lehrstuhl "Informatik in Architektur und Raumplanung" an der *Bauhaus-Universität Weimar*.

## 1. Motivation

Effiziente Softwareentwicklungen und technische Realisierungen setzen in jedem Fall eine detaillierte Analyse und Kenntnisse zum jeweiligen Anwendungsgebiet voraus. Dabei ist es sinnvoll, solche menschlichen Tätigkeiten und Arbeitsbereiche zu unterstützen, die eine wesentliche Erleichterung und Verbesserung des Arbeitsprozesses und des Arbeitsergebnisses erwarten lassen.

In der Architektur existiert ein Großteil der aktuellen Bauaufgaben auf dem Gebiet der Instandsetzung, der Modernisierung und des Umbaus von baulichen Anlagen sowie Erhaltung, Sanierung und Dokumentation von Baudenkmalen.

Die Ausgangssituation, vor der Architekten oder Ingenieure hier stehen ist oft identisch, indem der eigentlichen planerischen Arbeit eine umfassende Erfassung gebäudebeschreibender Informationen in Form einer Bauaufnahme vorausgeht.

Ausgangspunkt ist die Erstellung eines graphischen Bauaufmaßes. Die Geometrie eines Bauwerkes wird dabei in Form einzelner „Sichten“ dokumentiert. Parallel oder im Anschluß daran werden unterschiedliche Beschreibungen in Form von Befunden, Raumbüchern, Gebäudekennziffern, Projektbeschreibungen, Fotodokumentationen und Gutachten erarbeitet. Die Bauwerksgeometrie wird heute auf einzelne Sichten (Grundrisse, Schnitte, Ansichten, ...) reduziert. Von diesen graphischen Sichten losgelöst, werden parallel oder im Anschluß daran textliche, bildliche und zahlenmäßige Beschreibungen erarbeitet. Ergebnis sind eine Vielzahl von Einzelaspekten zu dem Gebäude. Es erfordert nun das Geschick des Planers, diese Information nicht nur zu kennen, sondern vielmehr die richtigen, der Situation entsprechenden Zusammenhänge herauszufinden. [Korte94]

Ein weiterer Grund für eine heute unzulängliche Situation auf dem Gebiet der Bestandserfassung ist, daß keine eindeutigen Systematiken und Ordnungsprinzipien für die Bestandsaufnahme existieren.

Das Ziel heißt deshalb: Schaffung eines in den Planungsprozeß integriertes Gebäudeinformationssystems verbunden mit einer digital gestützten Bestandsaufnahme.

## 2. GebIS - Gebäudeinformationssystem

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „GebIS“ (**G**ebäude **I**nformations **S**ystem) wird ein PRAXISRELEVANTES Softwarekonzept zur Generierung eines komplexen digitalen Abbildes existierender Gebäude und baulicher Anlagen, speziell Wohnungs-, Büro- und Gewerbebauten, erarbeitet, d. h. ein Konzept zur computergestützten Erfassung und Verwaltung des Baubestandes im weitesten Sinne.

Mit GebIS werden Grundlagen für die digitale Erfassung von Informationen über die gebaute Umwelt bereitgestellt. Diese Informationen über den vorgefundenen Zustand werden zur Basis für den Planungsprozeß. Sie werden später um Informationen aus den nachfolgenden Phasen des Lebenslaufes eines Bauwerkes ergänzt.

## 2.1. Forderungen an ein Gebäudeinformationssystem mit integrierter Bauaufnahme

Die **Gebäudegeometrie** in Form von symbolischen Darstellungen, zweidimensionalen Bestandsplänen oder von dreidimensionalen Bestandsmodellen bilden die Grundlage einer detaillierten und situationsgemäßen Bestandserfassung.

Mit einem computergestützten Bauaufnahme-System müssen neben der Geometrie eine Vielzahl von relevanten Eigenschaften und Merkmalen der Gebäude strukturiert erfaßt werden können, z. B.:

- Lage, Nutzung und Erschließung des Gebäudes und der Gebäudeteile
- Bauteile und Bauelemente, ihr konstruktives Gefüge und die Raumstrukturen
- Bauweise und Materialien und eventuelle Bauschäden

Eine notwendige Voraussetzung ist die Erarbeitung von eindeutigen Systematiken und Ordnungsprinzipien im Sinne der architektonischen Bauaufnahme.

Ebenso sind die vorhandenen Methoden, Konzepte und Technologien sowohl aus anwender- wie auch informationstechnischer Sicht mit einzubeziehen.

Ausgehend von eigenen praktischen Erfahrungen auf dem Gebiet der digitalen Bauaufnahmen wurden eindeutige Mängel durch das Fehlen systematischer Grundlagen und entsprechender softwaretechnischer Unterstützung aufgedeckt. Die erkannten Mängel wurden verallgemeinert, geordnet und in ihren Auswirkungen bewertet. Ansätze zur Reduzierung negativer Einwirkungen auf Aufwand und erzielbare Genauigkeit wurden fixiert. [Donath96a]

Aus diesen Untersuchungen resultieren folgende **Anforderungen** an das **computergestützte** Gebäudeinformationssystem- / Baubestandsaufnahmesystem :

- digitale Informationserfassung und -verwaltung von der Bestandserfassung bzw. Planung eines Gebäudes bis hin zur Verwaltung
- Entwicklung durchgängiger Lösungen unter Benutzung „intelligenter“ Gebäudemodelle und Schnittstellen zum Datenaustausch zwischen den Phasen
- objektorientierte (bauteil- und raumorientierte) Erfassung und Verwaltung
- Berücksichtigung verschiedener Abstraktionsstufen (skizzenorientiert, planorientiert und modellorientiert )
- differenzierte Auswertung der erfaßten Daten ( numerische Sicht, geometrische Sicht etc.)
- Integration verschiedener technischer und technologischer Verfahren der Bestandsaufnahme, Integration multimedialer Informationen
- Berücksichtigung langfristiger und einheitlicher Datenmodelle und Datenspeicherung
- universelle Einsetzbarkeit
- effizientes und kostengünstiges Aufmaß

## 2.2. Arbeitsschwerpunkte

Aus der Vielzahl der Anforderungen wurden für eine softwaretechnische Verwendung folgende Schwerpunkte herausgearbeitet, die in einem Experimentalsystem (GebISexp) umgesetzt werden.

1. inhaltliche und methodische Analyse der bauplanungsrelevanten Bestandsaufnahme
  - Ableitung einer allgemeinen Gebäude- und Bauteilstruktur für eine objektorientierte Strukturierung/ Klassifizierung
  - Analyse und Systematik der Erfassungstechniken und Erfassungsabläufe
  - Untersuchungen zu Techniken, Geräten und Methoden der Bestandserfassung
  - Untersuchung von Abstraktionsstufen in der Geometrie- und Sachdatendarstellung (Sichten)
2. inhaltliche und methodische Analyse zu informationstechnischen Verfahren und Werkzeugen unter Einbeziehung vorhandener bzw. in Entwicklung befindlicher Werkzeuge und Programmieretechniken
  - Analyse von Datenmodellen, Klassenstrukturen und Datenbeschreibungssprachen
  - Konzepte der OO-Modellierung und OO Datenbanken

- Analyse und Entwicklung von graphischen Benutzeroberflächen
3. Konzeption und Entwicklung des Gesamtsystems durch
- modularisierte /objektbezogene Realisierung von Basistools
  - Schnittstellendefinition zu weiterverarbeitenden Programmen und persistente Datenhaltung
  - Test und Evaluierung der gewonnenen Erkenntnisse

Ausgewählte und bereits realisierte Teilaspekte zum Vorhaben werden nun näher vorgestellt.

### 3. Ableitung einer allgemeinen Gebäude- und Bauteilstruktur für die bauteilorientierte ( objektorientierte ) Erfassung existierender Bausubstanz

Ein Ordnungssystem für bauliche Anlagen im Sinne der Bauaufnahme liegt derzeit nicht vor. Aus den Erfahrungen, Forderungen und Vorschriften der Planungspraxis machen sich aber definierte Systematiken notwendig [Schmidt89, DIN 276, Nemetschek94].

Bei der Aufnahme gebauter Anlagen besteht das Problem darin, daß eine Vielzahl von Informationen zunächst ohne Gesamtüberblick erfaßt wird. Dabei erfolgt eine Konzentration auf Details. Strukturelle Zusammenhänge innerhalb des Bestandes treten dabei zwangsläufig in den Hintergrund oder werden erst später erkannt. Dieses Problem muß mit Hilfe eines **durchgängigen Ordnungssystems** mit flexiblen Erweiterungsmöglichkeiten abgefangen werden.

Die Strukturierung muß während der Bauaufnahme erfolgen. Alle Informationen werden in der Praxis entweder den räumlichen Einheiten eines Projektes oder den materiell-physischen Bestandteilen einer baulichen Anlage zugeordnet.

Damit sind für die Beschreibung eines Bestandsprojektes Objekte zweier Strukturen von Bedeutung:

A die **Raumstruktur** als Zusammenfassung aller räumlichen Objekte zur Gliederung des Projektes

und

B die **Bauteilstruktur** als eine hierarchische Gliederung aller Bauteile [Donath95]

Räume werden im architektonischen Sinn durch räumliche Ereignisse begrenzt. Der Raum wird dabei allein durch die Form der Raumgrenzen beschrieben. Die Dicke ist bei der Bauaufnahme nicht unbedingt erkennbar. Bauteilobjekte können als materielle Räume aufgefaßt werden, und diese sind wiederum durch ihre wahrnehmbaren Oberflächen definiert.

In dem Ordnungssystem von „GebIS“ schlägt sich diese Betrachtung nieder. Die **Verbindung** zwischen beiden Strukturen wird über **Bauteiloberflächen** realisiert (Abb.1). So wird zum Beispiel geometrisch ein Raum (aus der Raumstruktur) durch die Wandbegrenzungen der entsprechenden Umfassungswände (aus der Hierarchie der Bauteilstruktur ) bestimmt.

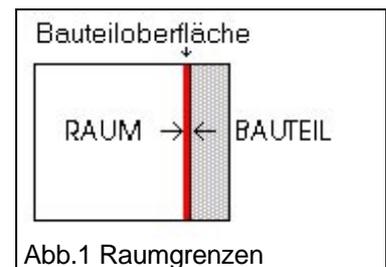


Abb.1 Raumgrenzen

Die Festlegung von Restriktionen, die die Beziehungen der Raum- und Bauteilobjekte untereinander beschreibt, ist in Abbildung 2 dargestellt.

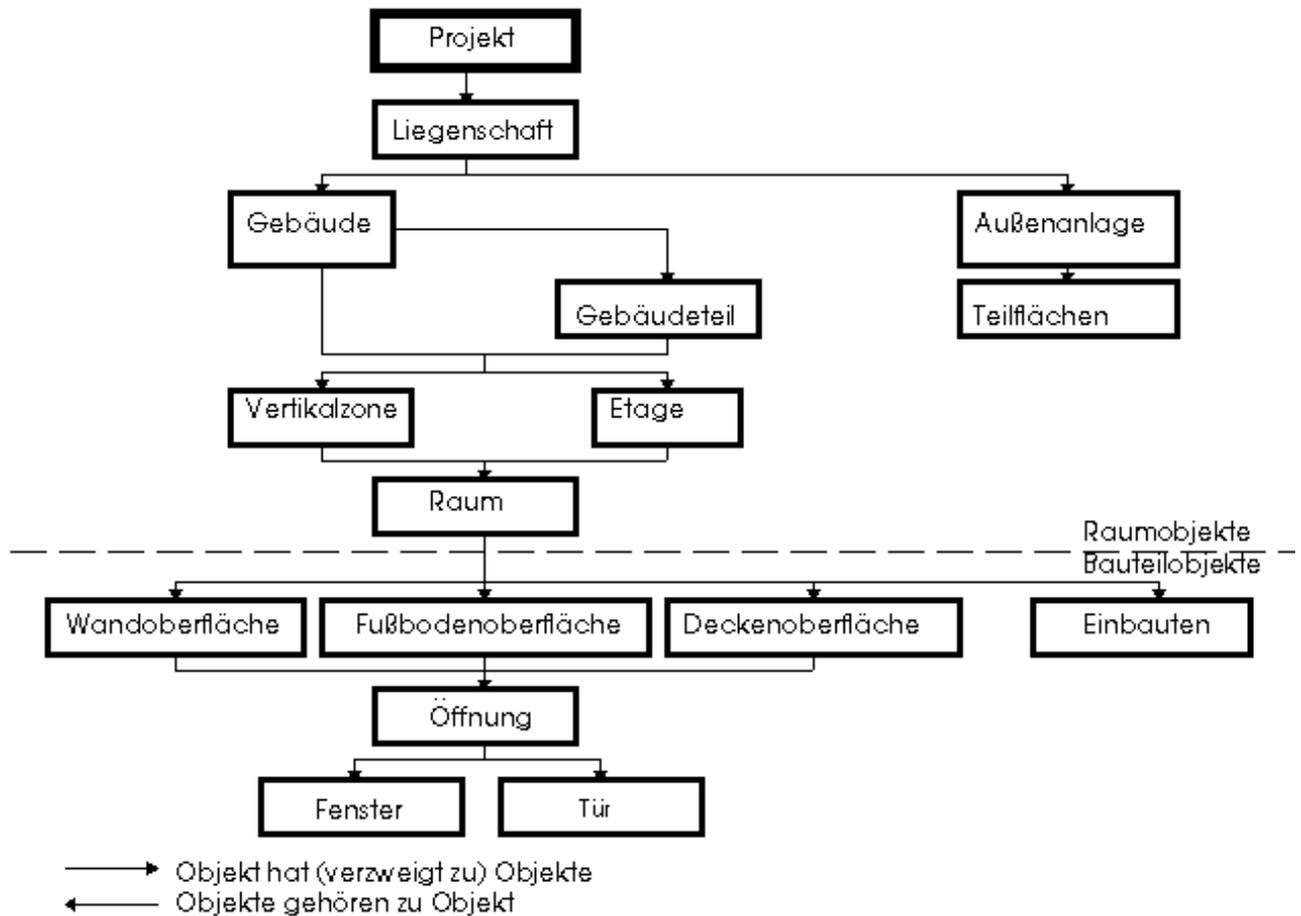
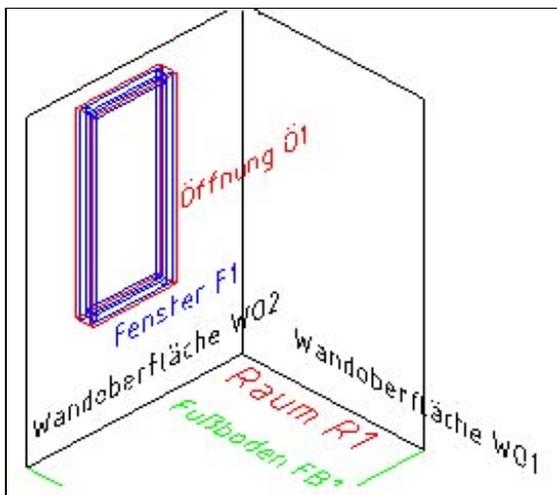


Abb. 2 Schematische Darstellung der Relationen der aufnehmbaren Objekte beider Strukturen (Bauteil- und Raumstruktur)



Ein Raum definiert sich durch 3 bis  $n_w$  Wandoberflächen, 1 bis  $n_d$  Deckenoberflächen und 1 bis  $n_f$  Fußbodenoberflächen. Die Wandoberfläche  $m$  kann 0 bis  $n_o$  Öffnungen enthalten. Die Öffnung  $m$  kann 0 bis  $n_f$  Fenster enthalten.

Abb. 3 Beispiel einer Relation von Bauteil- und Raumstruktur

#### 4. Aufstellung spezifischer Eigenschaften für Raum- und Bauteilobjekte

Jedes Raum- und Bauteilobjekt in diesen beiden Strukturen wird gemäß der Forderung nach einer möglichst umfassenden Bauaufnahme durch **spezifische Eigenschaften** beschrieben. Neben der geometrischen Beschrei-

bung können die Raum- und Bauteilobjekte durch auswertbare (beschreibende) alphanumerische Eigenschaften und multimediale Informationen abgebildet werden (Abb. 4).

Folgende multimediale Eingabe- und Editiertechniken werden von „GebIS“ unterstützt:

**textlich:**

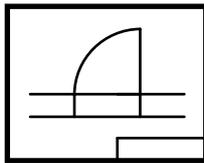
Verweis auf Textdokumente

Nutzung von Textsystemen zum Betrachten/Erstellen/Bearbeiten der Dokumente aus dem GebIS-Programm heraus

**audiovisuell:**

Verweis auf Graphik-/Audio-/Video-Dokumente

Nutzung entsprechender Editoren/Visualisierer unmittelbar aus dem GebIS-Programm heraus



geometrische



alphanumerische



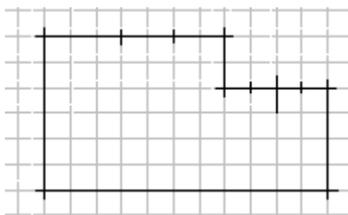
multimediale Eigenschaften

Abb.4 Eigenschaften von Objekten aus der Raum- und Bauteilstruktur

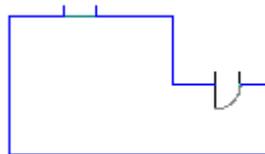
Bei der architektonischen Bauaufnahme steht die Betrachtung der geometrischen Eigenschaften im Vordergrund. Aus den Anforderungen der Praxis wurden für jedes Raum- und Bauteilobjekt drei verschiedene Abstraktionsstufen aufgestellt.

skizzenhafte Abstraktionsstufe	Erfassung der Dimension; Orientierung
planorientierte Abstraktionsstufe	2D-Darstellung
modellorientierte Abstraktionsstufe	3D-Darstellung

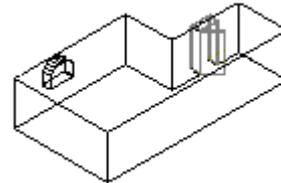
Die Überführung der skizzenhaften Abstraktionsstufe in die planorientierte und dann in die modellorientierte Abstraktionsstufe ist durch eine Anreicherung mit geometrischen Informationen möglich (Abb. 5).



skizzenhaft



planorientiert



modellorientiert

Abb.5 Abstraktionsstufen für die graphische Sichtensteuerung

Beschreibende Eigenschaften werden als alphanumerische Attribute festgelegt. Eine allumfassende Festlegung für jede Situation ist jedoch nicht möglich. Mit „variablen Attributen“ besteht aber die Möglichkeit der Definition benutzerspezifischer Attribute zur Laufzeit. Diese können entsprechend der jeweiligen Anforderungen klassenspezifisch erweitert werden.

Typen „variabler Attribute“ :

- begrifflich (Auswahl aus einer vorgegebenen Menge von Begriffen“
- numerisch (Eingabe eines Zahlenwertes )
- textlich (Eingabe eines Kommentars)



## 5. Softwaretechnische Berücksichtigung flexibler Erfassungstechniken und Erfassungsabläufe

Ausgangspunkt für die Erarbeitung einer effizienten bauteilorientierten Vorgehensweise in der Bauaufnahme war die Analyse gewohnter Erfassungsabläufe und aktuell existierender Erfassungstechniken.

Für das einfache ungehinderte Erfassen der Bausubstanz ist der flexible Einsatz verschiedener Techniken und Vorgehensweisen elementar notwendig. Als verwendete Eingabetechniken sind das händische Aufmaß (Gliedermaßstab oder Maßbänder), der elektronische Distanzmesser, die Photogrammetrie und tachymetrische Geräte einzeln oder in sinnvoller Kombination einzubeziehen.

Bauteilorientierte Erfassung bedeutet die Erarbeitung spezieller Aufmaßmethoden für jedes Raum- und Bauteilobjekt.

Am Beispiel der Aufnahme eines Raumes werden ausgewählte Methoden für die Erfassung in den drei Abstraktionsstufen (Abb.5) erläutert.

Der Raum, als kleinste Einheit der Raumstruktur, wird durch seine Raumgrenzen (Oberflächen) beschrieben (Abb.1).

Die **symbolische Aufnahme** eines Raumes erfolgt mittels einer Skizze. Dabei werden die Raumgrenzen (Wandoberflächen) durch Linien oder Bögen in ihrer ungefähren Lage erfaßt. Unterstützt wird die Skizzierung durch ein unterlegtes Raster in beliebiger Rasterweite. Die Vorgabe typischer Raumformen unterstützen eine effektive skizzenhafte Erfassung.

Die direkte **planorientierte Aufnahme** ( 2D-horizontales Schnittbild) mit einer Totalstation erfolgt durch die Erfassung der Wandoberflächen mittels zweier Meßpunkte. Diese müssen nicht die Eckpunkte sein. Von einer definierten Reihenfolge im Aufmessen der einzelnen Wandoberflächen kann auch nicht ausgegangen werden. Um Räume vollständig aufzumessen sind meist mehr als ein Meßgerätstandort nötig. Dies alles muß in einem speziellen Algorithmus berücksichtigt werden.

Speziell für ebene senkrecht stehende Wände wurde ein Verfahren entwickelt [Thurow 96].

Voraussetzung dafür ist, daß ein „Wandteilstück“ neben den 2 aufgemessenen Punkten auch die Information über den Standort des Meßgerätes, von dem es aus aufgemessen wurde, enthält. Damit ist auch die sichtbare Seite des „Wandteilstückes“ bekannt.

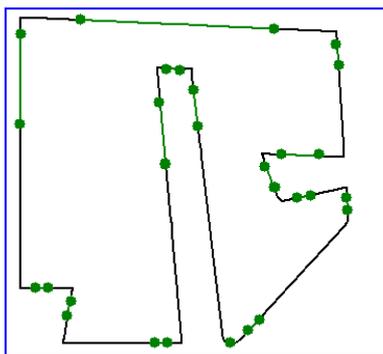


Abb.6 Raumform mit aufgenommenen Meßpunkten

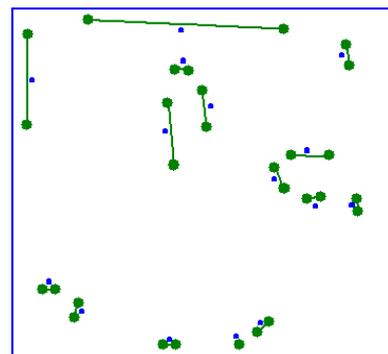


Abb.7 aufgenommene „Wandteilstücke“ mit ihren sichtbaren Seiten

Zuerst werden die aus den „aufgenommenen Wandteilstücken“ (Abb. 6 und 7) gebildeten Geraden miteinander verschnitten (Abb.8). Mittels der aus Festlegungen abgeleiteten Regeln, wie z.B. zwischen einem Punkt des „Wandteilstückes“ und dem Standort des Meßgerätes von dem er aus aufgenommen wurde können sich keine Strecken befinden, werden schrittweise die entstandenen Strecken, die in der Realität nicht existieren können, gelöscht (Abb.9). Danach liegen nur noch logische Mehrdeutigkeiten vor. Diese müssen manuell aufbereitet werden. Das Verfahren kommt dem Benutzer insoweit entgegen, daß Varianten bei Mehrdeutigkeit schon durch „Bewertungsfunktionen“ so geordnet werden, daß die wahrscheinlicheren Varianten zuerst gezeigt werden.

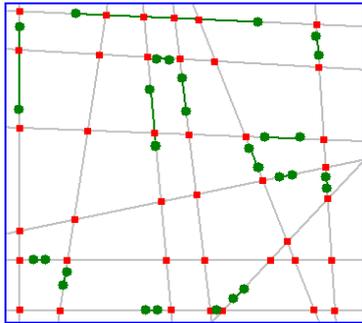


Abb.8 Modell der ermittelten Geraden

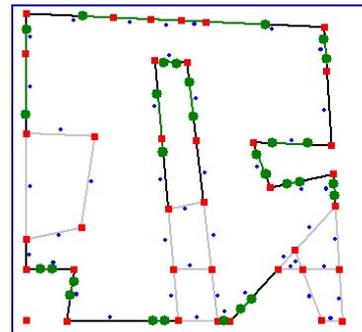


Abb.9 Modellzustand während der Auflösung

Im Rahmen des Projektes wird dieses Verfahren in C++ umgesetzt. Ein spezieller Algorithmus für diese Problematik wird in Zusammenarbeit mit einem anderen Lehrstuhl<sup>1</sup> entwickelt.

Die **3D-modellorientierte Aufnahme** eines Raumes mittels Totalstation erfolgt durch die Erfassung der begrenzenden raumbildenden Oberflächen (Wand-, Decken und Fußbodenoberflächen). Die Aufnahme dieser Oberflächen erfolgt mit 4 Meßpunkten. Vereinfachungen wie senkrecht stehende Flächen sind möglich. Müssen Oberflächen exakt aufgenommen werden, (z.B. Deckendurchhänge, Wandausbauchungen) erfolgt die Aufnahme zunächst idealisiert als Ebene. Danach werden weitere Netzstützpunkte aufgemessen und der Wandoberfläche zugeordnet.

## 6. Leistungsspezifikation aus Nutzersicht

Die Beschreibung der gesamten Leistungsfähigkeit des Programms (GebISexp) wurde anhand einer Spezifikation aus Nutzersicht, sprich an Hand von User-Interfaces, vorgenommen (Abb.10). Sehr zeitig erfolgte die Erstellung von Prototypdialogen und das Testen dieser durch Nutzer. Designfehler und Unstimmigkeiten bei der Umsetzung der Funktionalität konnten zu einem Zeitpunkt aufgedeckt werden, an dem Änderungen noch mit geringem Aufwand möglich waren [Apple92, Microsoft95, Donath96b].

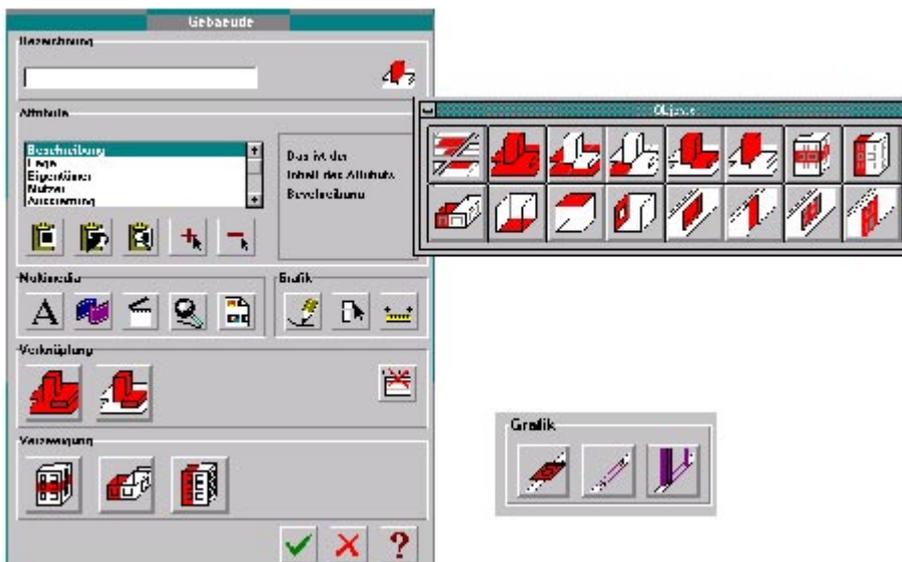


Abb. 10 Dialoge aus dem Nutzerhandbuch „GebISexp“

## 7. Weitere Arbeiten

<sup>1</sup> Bauhaus-Universität Weimar - Fakultät „Medien“ - Lehrstuhl „Graphische Datenverarbeitung“ - Prof. Dr. phil. C. Wüthrich

Ein Großteil heutiger softwaretechnischer Entwicklungsarbeit im Bauplanungsbereich berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes. Hier sind in Zukunft eine Reihe von systematischen Grundlagen und softwaretechnischen Realisierungen zu erwarten. Die vorgestellte Arbeit ordnet sich durch die strukturierte Erfassung und Verwaltung bestandsbezogener Informationen in diese Entwicklungsbemühungen ein. In Verbindung mit anderen architektur- und ingenieurtechnischen Forschungsarbeiten an der Bauhaus-Universität Weimar speziell am Wissenschaftszentrum für Informatik und Mathematik bildet die Datenerfassung eine Grundlage für die planungs- und nutzungsrelevante Weiterverarbeitung.

Sehr stark gehen die Arbeiten auch in die universitäre Lehre ein, um Architekten und Informatikern mit zukünftiger Softwareleistungsfähigkeit und Softwareentwicklungen vertraut zu machen.

Internationale Arbeiten zu Standardisierungen, Langzeitspeicherung und Fortschreibung von Informationen werden ebenso in der weiteren Arbeit Berücksichtigung finden [IAI96].

## 8. Literatur

- Apple92            Macintosh Human Interface Guidelines, Addison-Wesley Publishing Company 1992
- DIN 276            DIN 276:Kosten im Hochbau, Ausgabe 6/93; Beuth-Verlag 1993
- Donath95           Donath,D.; Albrecht, W.; Maye, HG.; Ott, C. :Digital building surveying and information systemsAn objekt oriented approach in Computing in civil and building engineering, ed Pahl,P.; Werner, H., A.A.Balkema, Rotterdam, 1995
- Donath96a           Donath, D; Maye, H.G.: Computergestützte Verfahren in der Bestandsaufnahme; In: bausubstanz Heft 3 und 4, Neustadt, 1996
- Donath96b           Donath, Ott, Petzold : Handbuch zu GebISexp - Spezifikation aus Nutzersicht; internes Arbeitspapier, Bauhaus-Universität Weimar, 1996
- IAI96                <http://www.interoperability.com>
- Korte94            KORTE, M.: Integrierte digitale Bauaufnahme 1994, Forschungskonzeption, München, 1994
- Microsoft95        Die Windows-Oberfläche: Leitfaden zur Softwaregestaltung, Microsoft Press, 1995
- Nemetschek94       Strukturierung von Konstruktionselementen - Layertechnik, Modul Bestand-Aufmaß Nemetschek Programmsystem GmbH München 1994
- Schmidt89           SCHMIDT, W.: Das Raumbuch als Instrument denkmalpflegerischer Bestandsaufnahme und Sanierungsplanung., Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege Nr. 44 /1989
- Thurow96           Thurow : Algorithmen für die bauteilorientierte Bauaufnahme ; Projektbeleg am Lehrstuhl „Informatik in Architektur und Raumplanung“ Bauhaus-Universität Weimar