

IT-gestützte projekt- und zeitbezogene Erfassung und Entscheidungsunterstützung in der frühen Phase der Planung im Bestand (Initiierungsphase) auf Grundlage eines IFC-basierten CMS

Forschende Stelle

Name: Bauhaus-Universität Weimar, Professur Informatik in der Architektur
Professor: Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath
Juniorprofessur Architekturinformatik
Prof. Dr.-Ing. Frank Petzold
Internet: <http://infar.architektur.uni-weimar.de>
Email: caad@archit.uni-weimar.de
wiss. Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Jörg Braunes
Dipl.-Ing. Daniel Fehlhaber
Dipl.-Ing. Helga Tauscher

Name: TU München, Fachgebiet CAAD
Professor: Prof. Dipl.-Ing. Richard Junge
Internet: www.caad.ar.tum.de
Email: junge@caad.arch.tu-muenchen.de
wiss. Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Roland Göttig

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

Projektzeit: 11/2007 – 12/2008



Bundesamt
für Bauwesen und
Raumordnung

1. Ziel der Forschungsaufgabe

1.1. Problemstellung

Bei allen Baumaßnahmen im Bestand wird die Höhe der aufzuwendenden Investitionen maßgeblich durch die Art und den Zustand der bestehenden baulichen Struktur beeinflusst. Je stärker diese Struktur geschädigt ist, umso größer ist der Anteil der aufzuwendenden Instandsetzungskosten an den Gesamtkosten des Revitalisierungsprojektes. Den Ermittlungen der Instandsetzungskosten zu Beginn des Projektes (Initiierungsphase) kommt daher eine wesentliche Bedeutung bei der Abschätzung der nötigen finanziellen Gesamtaufwendungen zu, und diese sind daher eine wichtige Entscheidungsgrundlage für oder gegen ein Revitalisierungsvorhaben.

Gerade zu Beginn eines Projektes ist die Ermittlung dieser Instandsetzungskosten und ihrer Auswirkungen auf die Gesamtfinanzierung schwierig, da notwendige Bestandsdaten noch nicht vorliegen, ungenau sind oder lediglich auf Annahmen beruhen. Eine umfassende Bestandserfassung und -bewertung ist aus Kosten- und Zeitgründen in der Initiierungsphase des Projektes nicht rentabel, wäre aber Bestandteil der Architektenleistung in der Grundlagenermittlung und Vorplanungsphase (Leistungsbild des Architektenvertrages gemäß HOAI [Depenbrock02])

Aus den beschriebenen Schwierigkeiten führen fehlerhafte Ergebnisse bei der ersten Kostenbetrachtung dazu, dass Risiken nicht erkannt und in der Planung entsprechend berücksichtigt werden. Daraus resultieren häufig Kostensteigerungen, Bauzeitüberschreitungen und Fehlinvestitionen.

1.2. Zielstellung

An dieser Stelle setzt das Forschungsvorhaben „Digitaler Gebäudebestand als Grundlage für Projektentscheidungen im Altbau“ an. Im Rahmen dieses Verbundprojektes mit Partnern aus Forschung (Bauhaus-Universität Weimar, Professur Informatik in der Architektur und TU München, Fachgebiet CAAD) und Praxis, aus den Bereichen Immobilienverwaltung (AWO Thüringen), Baubetriebsberatung und Projektmanagement (RKS Ingenieure) sowie Softwareentwicklung (Kubit, Syslab), wurde das Konzept einer schnellen computergestützten Datenerfassung in der frühen Planungsphase beim Bauen im Bestand und einer darauf aufbauenden Kostenermittlung (und damit Risikobewertung) entwickelt und prototypisch implementiert.

Ziel der Konzeption war es in einer frühen Planungsphase alle möglichen Risiken eines Sanierungsprojektes zu erkennen und in Auswertungen für Projektentscheidungen zu berücksichtigen.

Mit Hilfe des konzipierten Systems wird der aktuelle Gebäudezustand erfasst und bewertet, und die Kosten der notwendigen Maßnahmen – insbesondere Instandsetzungsmaßnahmen – ermittelt. Da in der Initiierungsphase eines Revitalisierungsvorhabens der aktuelle und der angestrebte Gebäudezustand nicht vollständig bekannt sein können, sind alle möglichen Maßnahmenvarianten zu berücksichtigen. Hierzu wird das stochastische Verfahren der Monte-Carlo-Simulation verwendet, um die Wahrscheinlichkeiten der zu erwartenden Kosten zu berechnen (Abb. 1).

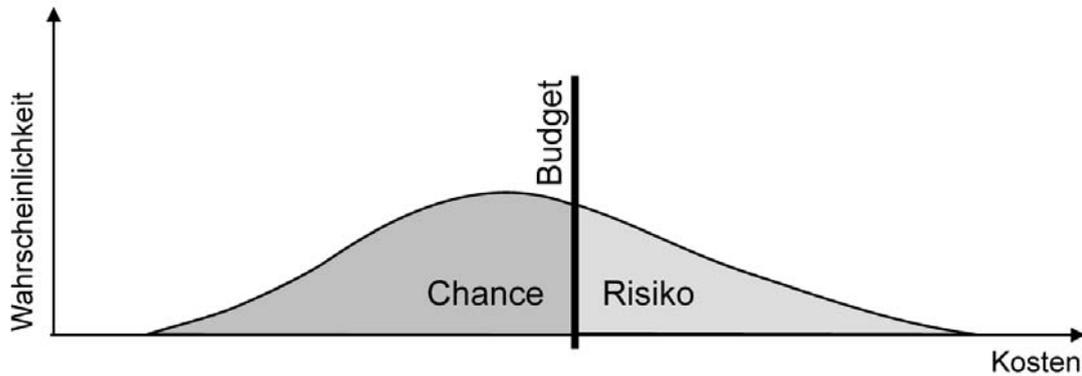


Abb. 1: Wahrscheinlichkeiten der zu erwartenden Kosten nach Berücksichtigung aller möglichen Maßnahmenvarianten bei einem Revitalisierungsvorhaben

Ausgehend von dem festgesetzten Budget für das Revitalisierungsprojekt lassen sich anhand der Wahrscheinlichkeitsverteilung der zu erwartenden Kosten die Chancen und Risiken der Projektfinanzierung ablesen, welche als transparente und nachvollziehbare Entscheidungsunterstützung für den Auftraggeber dienen.

2. Durchführung der Forschungsaufgabe

Kern des Projektes war es, einen möglichst praxisorientierten Ansatz der frühzeitigen Kosten- und Risikoanalyse zu entwickeln und in einem vor Ort nutzbaren Softwaresystem zur Erfassung und Bewertung konzeptionell umzusetzen, sowie in Teilen prototypisch zu implementieren. Die Bearbeitung erfolgte dabei in vier Hauptarbeitspaketen:

- Kosten-Risiko-Analyse
- Datenmodellierung / Bauwerksmodell
- Skizzenbasierte Erfassung
- Content Management System

Die für die Kosten- und Risikoauswertung notwendigen Daten werden vor Ort computergestützt erfasst und in einem digitalen Bauwerksmodell (Building Information Model - BIM) abgelegt. Diese Erfassung erfolgt schnell und effektiv unter Verwendung einer skizzenhaften Eingabe und darauf aufbauender Interpretation der Daten. Zu erfassen sind insbesondere die Raum- und Bauteilstruktur des Gebäudes sowie Bauteilzustände und sichtbare Mängel. Anhand dieser Daten können durch den Nutzer Revitalisierungsmaßnahmen zugewiesen werden, welche letztendlich zu Kosten führen.

Nach Abschluss der Erfassung und ersten Kostenermittlung stehen die aufgenommenen Daten für die folgenden Planungsprozesse weiterhin zur Verfügung. Hierzu wird das BIM IFC-kompatibel aufgebaut und in entsprechende IFC-Dateien exportiert. Diese IFC-Daten werden anschließend in ein web-basiertes Content Management System (CMS) eingelesen und somit allen an der Planung Beteiligten zur Verfügung gestellt. Das CMS erlaubt gezielte Suchanfragen auf Teile des BIM unter bestimmten architektonische oder technischen Kriterien in Kombination mit Benutzerzugriffsrechten. Auch Projektübergreifende Recherchen in mehreren Dateien sollen über das CMS realisiert werden. Abb. 2 verdeutlicht schematisch das Systemkonzept und dessen Teilmodule.

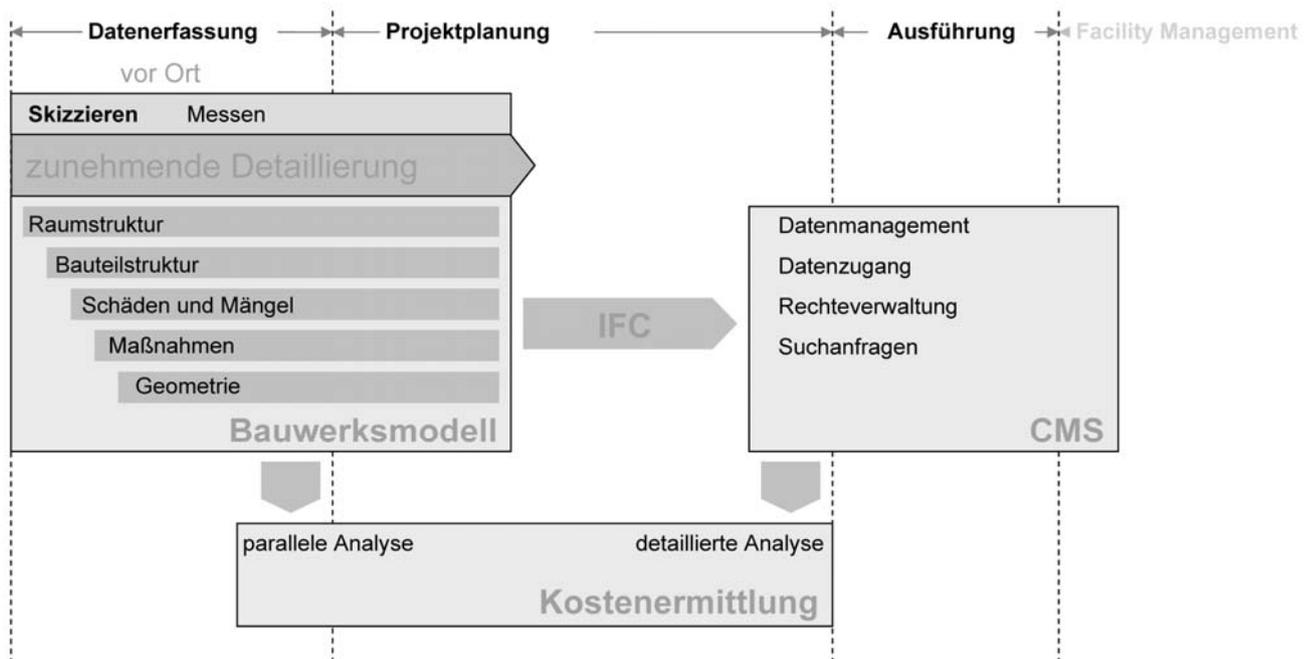


Abb. 2: Systemkonzept und dessen Teilmodule

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

3.1. Kosten-Risiko-Analyse

Bei der Vorbereitung, Planung und Ausführung eines Revitalisierungsprojektes fallen viele unterschiedliche Kosten an, welche durch das Deutsche Institut für Normung in der DIN 276 – "Kosten im Hochbau" – in Kostengruppen (KGr 100 - 700) und entsprechende Untergliederung in jeweils 3 Ebenen (Bsp. Ebene 1: KGr 300 „Bauwerk- Baukonstruktion“, Ebene 3: KGr 331 „Tragende Außenwände“) unterteilt werden.

Für eine vorläufige Kostenermittlung in der Initiierungsphase bei Revitalisierungen sind die KGr 300 „Bauwerk - Baukonstruktion“ und KGr 400 „Bauwerk – Technische Anlagen“ von besonderem Interesse, da diese Kosten sehr hoch und ihre Ermittlung mit hohen Ungenauigkeiten behaftet sind. Im Zuge der Planung können diese Kosten aber dennoch relativ stark beeinflusst werden. In einer Finanzierungsrechnung werden diese auch am meisten beachtet, gefolgt von den Erwerbs- und Planungskosten und den aus der Summe aller Kosten resultierenden Finanzierungskosten.

Für die Systemkonzeption ist die Erfassung der Bauteilstruktur des BIM als Elemente der Kostengruppen nach [DIN 276] vorgesehen. Der Nutzer bewertet bei der Aufnahme den Zustand des Gebäudes (mangelfrei, gut, schlecht, desaströs) und erfasst sichtbare Mängel. Diese Erfassung und Bewertung kann dabei in zunehmender Detaillierung erfolgen – angefangen von der Bewertung des Gesamtgebäudes, über die Bewertung von Bauteilgruppen (z.B. alle Außenwände) bis hin zur detaillierten Beurteilung einzelner Bauteile. Diese zunehmende Detaillierung lässt sich für die Kostenermittlung in folgenden 3 Stufen untergliedern:

| | |
|---------|--|
| Stufe 1 | Bewertung des gesamten Objektes und Kostenermittlung u.a. durch Vergleichswerte entsprechend der: |
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufnahme der Außenmaße und Anzahl der Geschosse des Gebäudes ▪ Daten zu Nutzung, Bautyp und Zustand ▪ Daten zu Region, Bauzeit und Baunebenkosten |
| Stufe 2 | Ergänzung der vorhandenen Werte durch z.B.: |
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Genaue Angaben zu Grundfläche und Nutzfläche ▪ Genaue Angaben zu Typ, Zustand und Größe einzelner Bauteilgruppen ▪ Zusätzliche/ersetzende Maßnahmen ▪ Ergänzung von einzelnen Mängeln |
| Stufe 3 | Ergänzung der vorhandenen Werte durch z.B.: |
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Genaue Angaben zu einzelnen Bauteilen ▪ Genaue Angaben zu Mengen und Maßen ▪ Festlegung einzelner Maßnahmen ▪ Ergänzung weiterer Mängel |

Tab. 1: Stufen der Kostenermittlung bei zunehmender Detaillierung der Gebäudedaten

Die Detaillierung der Daten erfolgt dabei fließend und muss nicht zwangsläufig für das gesamte Gebäude gleichmäßig erfolgen. So kann bspw. ein Gebäudeteil detailliert bis zu den einzelnen Bauteilen erfasst werden (Stufe 3), während andere lediglich in ihrer Außenkubatur und allgemeinem Zustand aufgenommen wurden (Stufe 1).

Anhand der Beurteilung der Zustände und der konkreten Erfassung von Mängeln (z.B. Wasserschaden an Wand mit Angabe der Fläche) kann der Nutzer mögliche Maßnahmen (und damit verbunden die Kosten dieser Maßnahmen) zur Beseitigung des Mangels bzw. Behebung eines schlechten Zustandes zuweisen. Da zum Zeitpunkt der Erfassung das Ausmaß des Mangels bzw. Zustandes nicht präzise aufgenommen werden kann, werden im System die relevanten möglichen Maßnahmen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten (EW) in Maßnahmengruppen abgebildet. Beispielsweise ist bei einem Mangel nicht erkennbar ob die Bauteiloberfläche oder das ganze Bauteil betroffen sind:

- Maßnahme 1: Oberfläche instand setzen, Kosten=X, EW=80%
- Maßnahme 2: Oberfläche + Konstruktion austauschen, Kosten=Y, EW=20%

Bei der Auswahl der Maßnahmen wird der Nutzer durch vordefinierte Auswahlensätze unterstützt. Hierzu erfolgt eine Anbindung an bereits existierende Baukostendatenbanken mit entsprechenden Maßnahmenbeschreibungen. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten werden entweder durch den Nutzer festgelegt oder durch das System vorgeschlagen. Dieser Systemvorschlag wird dann möglich, wenn bereits abgeschlossene Projekte ausgewertet und die Ergebnisse in die Auswahlensätze des Systems eingepflegt werden.

Aus der Abbildung verschiedener Maßnahmen resultiert eine Vielzahl an möglichen Revitalisierungsvarianten, welche wiederum unterschiedliche Kosten verursachen. Die Wahrscheinlichkeiten dieser unterschiedlichen Varianten können mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation ermittelt und in Form eines Diagramms dargestellt werden. Dieses stochastische Verfahren führt eine hohe Anzahl von Zufallsexperimenten durch. Im Fall der Kostenermittlung werden Einzelmaßnahmen jeder Maßnahmengruppe zufällig anhand ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit ausgewählt und so die Kosten einer Variante berechnet. Nachdem eine große Anzahl von simulierten Projekten durchlaufen ist, erhält man ein Diagramm der zu erwartenden Kosten und deren Wahrscheinlichkeiten (Abb. 3).

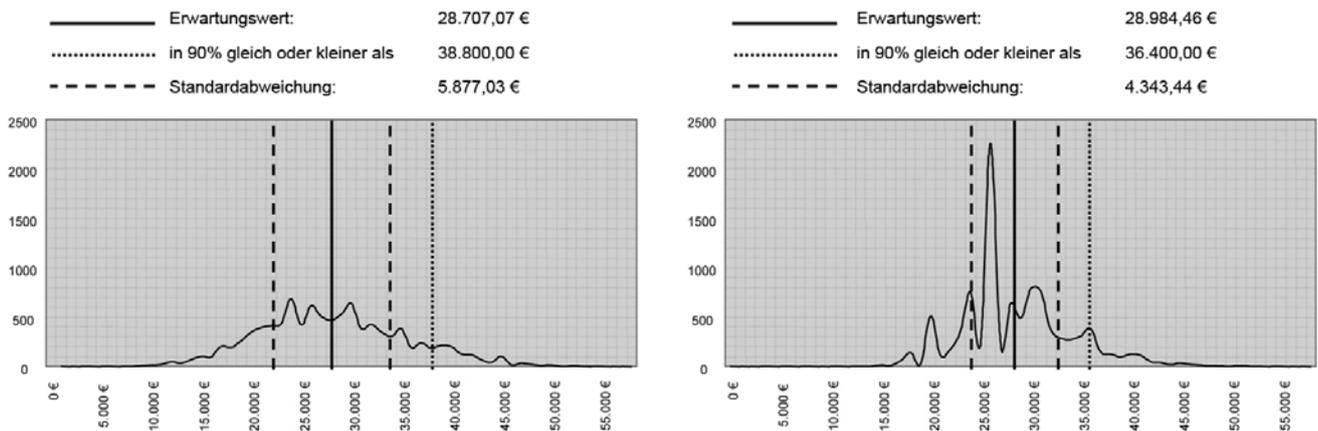


Abb. 3: Ergebnis der Monte-Carlo-Simulation mit Kenntnisstand nach Kostenermittlungsstufe 2 (links) und Stufe 3 (rechts)

Anhand des Diagramms erhält der Auftraggeber verlässliche Werte über zu erwartende Kosten zur Entscheidungsunterstützung. Hohe Risiken und Unsicherheiten lassen sich ablesen und vereinfachen damit die Projektsteuerung. Neben der Auswertung aller möglichen Varianten, soll es auch möglich sein, nur gezielt spezielle Varianten zu betrachten, um deren Auswirkungen auf die Kosten beurteilen zu können.

3.2. Skizzenbasierte Ersterfassung

Die Initiierungsphase von Revitalisierungsprojekten ist zunächst dadurch geprägt, dass der Investitionsumfang und damit der Umfang eventueller Aufträge noch nicht abzuschätzen ist. Diesem Umstand muss die Ersterfassung von Bestandsdaten als Grundlage für die Kosten- und Risikobewertung dadurch Rechnung tragen, dass sie effektiv aber mit geringem Arbeitsaufwand durchzuführen ist.

Für das Softwarekonzept wird daher der Einsatz stiftbasierter Eingabegeräte in Kombination mit Skizzeninterpretation, Handschrift- und Gestenerkennung propagiert. Als Hardware stehen hierfür Tablet PCs oder UMPCs zu Verfügung. Diese verfügen über entsprechend gute Rechenleistung und sind vor Ort bequem zu handhaben.

Die erfassten Daten werden in einem systemspezifischen BIM strukturiert abgelegt. Die notwendigen Datenstrukturen des Modells ergeben sich aus den Anforderungen der nachgestellten Kosten- und Risikobewertung:

- Abbildung der Raumstruktur
- Abbildung der Bauteilstruktur
- Abbildung von Mängeln und Bauteilzuständen
- Abbildung von Maßnahmen
- Abbildung der Gebäudegeometrie

Für die Eingabe der Daten stehen im System drei verschiedene Modi zur Verfügung, welche sich hinsichtlich der Eingabe- und Interaktionstechnik sowie Interpretation und Repräsentation der einzugebenden Daten unterscheiden:

- Sketch Mode,
- Capture Mode,
- Survey Mode.

3.2.1. Sketch Mode

Dieser Modus dient der ergänzenden Erfassung informaler Daten in Form von freien Handskizzen. Diese werden vom System nicht interpretiert und können daher ohne Einschränkungen gezeichnet werden (im Gegensatz zum Capture Mode, dessen Algorithmen zur Skizzeninterpretation vorgegebene Eingabeabläufe erzwingen). Die freien Skizzen können durch den Import von Fotos oder gescannten Planunterlagen ergänzt werden.

Diese informellen Daten werden als separates Objekt abgelegt, welches den Elementen des Raum- und Bauteilmodells als zusätzliche Repräsentation zugeordnet werden kann.

3.2.2. Capture Mode

Dieser Modus stellt die Standard-Eingabefunktionalität für die Erfassung der Raum- und Bauteilstruktur sowie die Eingabe von Mängeln dar. Dem Nutzer stehen Werkzeuge zur Erstellung von Wandlinien und Raumgrenzen, Öffnungen und Mängeln zu Verfügung. Der Geschossgrundriss wird dabei mit dem Eingabestift freihändig skizziert. Das System interpretiert die Skizzengrafik und überführt diese nach Verschneidung aller geraden Linienzüge intern in ein zweidimensionales Vektormodell. Das System greift dabei auf Funktionalitäten des SDK der Microsoft Windows XP Tablet PC Edition zurück [Microsoft08]. Für den Nutzer bleibt die Darstellung der Skizze erhalten, so dass die ursprüngliche Skizze die Ungenauigkeit der Eingabe veranschaulicht und kein exakt gemessenes Modell suggeriert.

Neben der Interpretation der Skizze wird gleichzeitig die Raum- und Bauteilstruktur angelegt. Linienzüge werden als Wandsegmente oder virtuelle Raumgrenzen interpretiert; bilden sie einen geschlossenen Bereich, wird ein Raum angelegt. Öffnungen und Mängel können als Symbole in die Skizzengrafik eingefügt und gleichzeitig als Elemente des Bauteilmodells angelegt werden.

3.2.3. Survey Mode

Die als zweidimensionales Vektormodell interpretierte Skizze wird in ein 3D-Oberflächenmodell überführt und als solches dem Nutzer sichtbar gemacht. Aus den einzelnen Linienzügen werden jeweils zwei planare Flächen erzeugt, welche die Bauteiloberflächen der Wandsegmente repräsentieren. Innerhalb dieser Sicht können geometrische Filter (Parallelität, Orthogonalität, Symmetrie etc.) gesetzt und Messwerte eingegeben werden. Mittels einer Ausgleichsrechnung wird das 3D-Modell schrittweise an die gemessenen Werte angepasst. Diese Funktionalität greift auf bereits getätigte Forschungsarbeiten zurück und ist ausführlich in [Thurow04], [SFB524_05a] und [SFB524_05b] beschrieben.

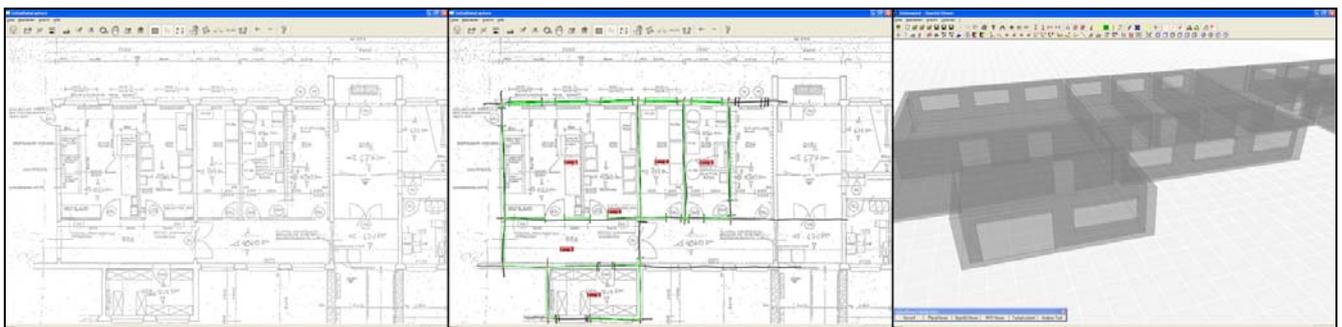


Abb. 4: Prototyp skizzenbasierte Ersterfassung - Hinterlegen von Grafiken (Scan), Erstellen von Freihandlinien und Interpretation, Ableiten der 3D-Geometrie (von links nach rechts)

3.3. Content Management System

Content Management Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass beliebiger Inhalt z.B. in Form von Text- Bild- oder CAD-Dokumenten innerhalb eines web-basierten Systems organisiert wird. Hierbei kommen Schnittstellen für den Import und Export zum Einsatz und die Inhalte lassen sich nach individuellen Regeln verwalten. Ein Vorteil mancher Content Management Systeme ist die Tatsache, dass bereits Verfahren zum Anlegen von Rechten und Rollen vorhanden sind. Damit kann man definieren, wer, wann, auf welche Daten zugreifen und gegebenenfalls neue Daten anlegen darf.

Für das Forschungsprojekt wurde das open source CMS Plone¹ eingesetzt und entsprechend den Projektanforderungen angepasst.

Das Systemkonzept sieht vor, dass das Gebäudemodell aus der Ersterfassung an das CMS zur weiteren Verwendung im Planungsprozess übergeben wird. Hierfür sollen die IFC als Datenaustauschformat dienen. Diese liegen als „plain text File“ vor und können in das CMS geladen werden. Problematisch erwies sich jedoch die Suche nach bestimmten Elementen innerhalb des Gebäudemodells. Eine reine Textsuche in vergleichsweise großen Datenmengen ist zu ineffizient. Aus diesem Grund wurde ein Parser entwickelt, welcher den Inhalt eines IFC-Files innerhalb des CMS in Tabellen organisiert und damit Abfragen auch über mehrere Projekt wesentlich effizienter gestaltet.

3.4. Prototypische Umsetzung

Anhand der Systemkonzeption erfolgten prototypische Implementierungen zum Nachweis der Umsetzbarkeit verschiedener Teilaspekte. Die Implementierung erfolgte dabei in verschiedenen Modulen unter Verwendung unterschiedlicher Entwicklungsumgebungen und zum Teil auf Basis bestehender Softwaresysteme. Die einzelnen Module sind über Schnittstellen miteinander verzahnt, um den Arbeitsfluss der Systemkonzeption von der Datenaufnahme und -detaillierung über die Kosten-/Risikoanalyse bis zum IFC-Export und die Übergabe an das Content Management Systems abzubilden. Die einzelnen Prototypen sind frei über die Webplattform *caupa*² verfügbar.

¹ <http://plone.org/>

² <http://www.caupa.de/projects/zukunftBau>

Referenzen

- [Depenbrock02] Depenbrock, F. H. und Vogler O.: Honorarordnung für Architekten und Ingenieure HOAI, Bundesanzeiger Verlag, 2. Auflage; Köln 2002
- [DIN276] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 276 – Kosten im Hochbau, Beuth Verlag, Berlin, 2006
- [Microsoft08] Microsoft: Tablet PC SDK. URL <<http://www.microsoft.com>>, 2005.
zuletzt abgerufen 05/2008
- [SFB524_05a] SFB 524, D2 (Donath/Petzold): Bauplanungsrelevantes digitales Gebäudeaufnahme- und Informationssystem, Sonderforschungsbereich SFB 524 - Werkstoffe und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken, Arbeits- und Ergebnisbericht für die 1. Förderperiode 07'99-06'02, Weimar, Februar 2002
- [SFB524_05b] SFB 524, D2 (Donath/Petzold): Bestandsorientierte Unterstützung der Planung, Sonderforschungsbereich SFB 524 - Werkstoffe und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken, Bericht der 2. Förderperiode 07'02-06'05 und Antrag auf Finanzierung der 3. Förderperiode 07'05-06'09, Band 2/2, Weimar, Januar 2005
- [Thurow04] Thurow, T.: Digitaler Architekturbestand - Untersuchungen zur computergestützten, schrittweisen Erfassung und Abbildung der Geometrie von Gebäuden im Kontext der planungsrelevanten Bauaufnahme. Weimar, Bauhaus-Universität, Fakultät Architektur, Dissertation, 2004