

*Konzept
zur Einrichtung
eines Sonderforschungsbereichs*

***"Integration
von Planung und Fertigung
im Gebäude-Lebenszyklus"***

Universität Karlsruhe (TH)
Kaiserstraße 12
Postfach 6980
D-76128 Karlsruhe

Inhalt

1 Federführung für die Vorbereitungsphase.....	3
2 Motivation.....	3
2.1 Wissenschaftliche Fragestellung	3
2.2 Zielsetzung.....	4
2.3 Stand der Forschung	4
3 Lösungsansatz.....	11
3.1 Aufgabenstellung	11
3.1.1 Lebenszyklus-Integration	11
3.1.2 Handlungsebenen-Integration	12
3.1.3 Verknüpfung	13
3.2 Schwerpunkte.....	15
4 Durchführung.....	17
4.1 Zeitlicher Rahmen	17
4.2 Projektstruktur.....	17
4.3 Projektverknüpfung	18
4.4 Geschätzte Mittelzuwendung.....	20
5 Teilprojekte.....	21
5.1 Ebene A: Projektkoordination.....	21
5.1.1 Projekt A.1: Virtual Round Table	21
5.1.2 Projekt A.2: Kostenreduktion durch Projektmanagement	24
5.1.3 Projekt A.3: Integriertes Bebauungsplan- und Genehmigungsverfahren	26
5.1.4 Projekt A.4: Optimierte Bauplanung durch Zwei-Ebenen-Prozeßmodellierung.....	29
5.2 Ebene B - Bauplanung	33
5.2.1 Projekt B.1: Computerintegrierte Bausystematiken in Planung und Konstruktion.....	33
5.2.2 Projekt B.2: Qualitätssicherung durch integrierte Energiediagnose	37
5.2.3 Projekt B.3: Aufbau eines Archivs von Lösungsmustern.....	39
5.2.4 Projekt B.4: Simulation von automatisierter Ausführung	41
5.3 Ebene C - Fertigung und Betrieb	44
5.3.1 Projekt C.1: Steuerung von Ausführungsplanungs- und Fertigungsprozessen.....	44
5.3.2 Projekt C.2: Automatisierte Systeme in der Logistik.....	47
5.3.3 Projekt C.3: Prognose der Dauerhaftigkeit und des Instandhaltungsaufwandes	49
5.3.4 Projekt C.4: Charakterisierung des Rückbaus / Recyclings von Gebäuden	51
5.3.5 Projekt C.5: Anschlüsse und Bauteile im Holzbau für eine integrierte Gebäudeplanung und -fertigung.....	54

1 Federführung für die Vorbereitungsphase

o. Prof. Dr. ès. sc. tech. Niklaus Kohler

Dienstanschrift: Universität Karlsruhe (TH)
Fakultät für Architektur
Institut für industrielle Bauproduktion (IFIB)
Englerstraße 7
76131 Karlsruhe
Tel.: (0721) 608 2166

Privatanschrift: Gluckstr. 18
76185 Karlsruhe
Tel.: (0721) 554625

2 Motivation

2.1 Wissenschaftliche Fragestellung

Gebäude unterscheiden sich von Industrieprodukten durch

- ihre hohe Lebensdauer,
- die überdurchschnittliche Bedeutung der Nutzungsphase,
- die funktionale, technische, soziale und kulturelle Komplexität,
- die Vielzahl von Akteuren, die an ihrer Erstellung, Nutzung und Entsorgung beteiligt sind, sowie
- den ausgeprägten Unikatcharakter ihrer Planung und Fertigung.

Bisherige Versuche der Industrialisierung, der Automatisierung und der umfassenden Produktmodellierung haben zwar zu Teilverbesserungen geführt, versagen aber im Versuch einer gesamtheitlichen Verbesserung des Aufwand-Nutzenverhältnisses. Die Bewältigung dieser Komplexität kann nur auf einer höheren Stufe der Integration gewährleistet werden.

Der Bausektor ist in den Industriestaaten der größte wirtschaftliche Sektor sowohl nach Investitionen als auch nach Arbeitsplätzen und Stoffflüssen. Trotz der eminenten sozialen, ökonomischen und ökologischen Bedeutung ist der Bauprozess jedoch nicht adäquat Gegenstand der Forschung. Den zahlreichen wissenschaftlichen Kenntnissen auf Teilgebieten steht ein fast vollständiges Fehlen von formalisierten Kenntnissen über die komplexen Zusammenhänge zwischen den Teilgebieten gegenüber. Nur eine organisierte, langfristige Kooperation der wichtigsten betroffenen technischen und planerischen Disziplinen erlaubt, das Wissen sowohl über verschiedene Fachgebiete als auch in einer Lebenszyklusperspektive des gesamten Gebäudes zu strukturieren, zu integrieren und damit verfügbar zu machen.

Diese neue Fragestellung kann nicht über die bisherigen zentralen, starren schnittstellenorientierten Ansätze angegangen werden. Es wird vorgeschlagen, die verschiedenen Wissensgebiete und Methoden graduell innerhalb einer flexiblen, kommunikationszentrierten, virtuellen Gebäudeumgebung zu verknüpfen, in der langfristig geforscht, entwickelt und gelehrt werden kann.

2.2 Zielsetzung

Die Grundthese für diesen Sonderforschungsbereich ist, daß eine hochintegrierte Planung und eine dezentrale, teilautomatisierte Unikatfertigung (in einer Kombination aus Vorfertigung und Montage am Bauort) durch ihre große Anpaßbarkeit an alle denkbaren Bauaufgaben die Produktionsbedingungen im Baubereich in den nächsten Jahrzehnten prägen werden. Sie entsprechen den zukünftigen Bauanforderungen und lassen sich durch Weiterentwicklung der handwerklichen und mittelständischen Unternehmensformen realisieren.

Neue Verfahren müssen qualitativ deutlich bessere, kosteneffektivere und umweltgerechtere Gebäude produzieren. Dies betrifft den Neubau ebenso wie Erneuerung, Umbau und Rückbau: Neuere Studien zum Zustand des Baubestandes [EK96] wie auch zu Stoffströmen und Kosten [BSB96] zeigen, daß neben dem Ersatzneubau die wesentlichen zukünftigen Bauaufgaben in der optimalen Erneuerung des Gebäudebestandes und der Infrastruktur liegen.

Mit der Schaffung eines SFB "Integrierte Gebäudeplanung und -fertigung" verfolgen die Beteiligten daher das Ziel, erstmals eine durchgehende Betrachtung und Strukturierung von der projektbezogenen Zusammenarbeit bis hin zur eingesetzten Bautechnologie zu realisieren. Ein die Projektkoordination, Gebäudeplanung, Fertigung und Nutzung umfassendes Gesamtsystem soll alle Lebensphasen eines Bauwerks vom Rohstoff bis zu Entsorgung und Recycling modellieren. Die Bewältigung dieser Komplexität ist nur durch eine neue, bisher nicht existierende Integration der verschiedenen Beteiligten zu erreichen. Die kombinierte Entwicklung von Automatisierung und Robotisierung und qualifizierter Tätigkeit in der Vorfertigung, auf der Baustelle und beim Rückbau werden so überhaupt erst ermöglicht. Die Automatisierung wird im wesentlichen das Resultat des erfolgreichen Integrationsprozesses im Bauen sein, nicht sein Ausgangspunkt.

Dieses Problemfeld erfordert die Zusammenarbeit aller am Bau beteiligten Disziplinen: Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau und in zunehmendem Maße Informatik. Die Notwendigkeit, die Bauforschung durch die aktuellen Erkenntnisse der nicht bauspezifischen Disziplinen anzureichern und zu beschleunigen, bildet einen Forschungsrahmen, der die Grenzen üblicher Forschungsprojekte sprengt und daher in einem Sonderforschungsbereich angegangen werden soll.

2.3 Stand der Forschung

- **Baukosten.** Mit Kostensenkungen werden derzeit viele Forschungsvorhaben motiviert. Seit relativ langer Zeit wird im Bauwesen hierüber diskutiert [BMB83, DBT95]; die Ansätze hierzu sind jedoch durchweg durch die Steigerung der Bodenpreise in den letzten 30 Jahren überkompensiert worden. Neue Formen der Technologiebeschaffung (Technology Procurement) [WES96][BAXE95] könnten zu Reduktionen der Kosten bei gleichzeitiger Erhöhung der Qualität führen. Internationale Untersuchungen bestätigen dies [PER95] [NN92a] [NN93a]. Kostensenkungen werden aber nur bei gut aufeinander abgestimmten Maßnahmen in der Rechtsprechung, den technischen Normen, Honorarordnungen, städtebaulichen Konzepten, Handwerksordnungen, den beruflichen Traditionen, den behördlichen Anforderungen und den durch historisch gewachsenen Bau- und Produktionsformen beeinflussten Wünschen der Nutzer erwartet [BMBau 94]. Ein solches Maßnahmenbündel greift zudem nur, wenn es zudem über längere Zeit druchgehalten werden kann. Die späteren Lebensphasen nach der Bauerstellung werden in jüngster Zeit mehr und mehr in diese Betrachtungen einbezogen [PAR95, POP96].
- **Produktivität.** Zudem sind Produktivitätsfortschritte in der Bauindustrie wesentlich schwieriger zu analysieren, als in anderen Bereichen der Investitionsgüterbranche z.B im Maschinenbau. Zum einen haben die überspekulierten, und inzwischen im europäischen Vergleich vollkommen aus dem Ruder gelaufenen Preise für Grund und Boden dazu beigetragen, daß sich die tatsächlich stattgefundenen Fortschritte in der Bauproduktivität

preislich nicht niederschlagen konnten [NN93b] [NEU94] [Mei94]. Zum anderen unterscheiden sich Gebäude von klassischen Investitionsgütern durch ihren prototypischen Unikatcharakter und ihren langen Lebenszyklus von 25-80 Jahren, der i.d.R. mehrere Erneuerungszyklen von Subsystemen einschließt [KOH91a] [NN92a] [DBT95]. In letzter Zeit gibt es vermehrt bautechnische Diskussionen [BRE96, WOL95], auch unter Einbeziehung von Umweltfragen [BRE95].

Es stellt sich die Frage, inwiefern Kenntnisse und Verfahren aus anderen Industriebereichen im Bausektor übernommen werden können. Auch die in der Bauforschung eingesetzten Konzepte und diskutierten Techniken fallen deutlich hinter dem Stand der Forschung in anderen Ingenieursdisziplinen zurück. Die aktuelle Forschung konzentriert sich in der Regel auf den geschickten Umgang mit Baurecht [SCH95], den örtlichen Behörden und dem sparsamen Einsatz von preiswerten Material. Die technologischen Forderungen beschränken sich auf umfangreichere Standards und größere Losgrößen [BMB94], die geringere Produktionstiefen und eine einfachere Automatisierung mit "primitiven" Maschinen für eine Massenproduktion von ganzen Gebäuden in wenig Varianten ermöglichen. Dabei ist mit Blick auf z.B. Maschinen- und Anlagenbau abzusehen, daß moderne, adaptive Planungs- und Produktionstechniken eine wirtschaftliche Entwicklung und Fertigung von Unikaten ermöglichen werden. Die vielversprechendsten Ansätze kommen zweifellos aus Bereichen mit einem starken Unikatcharakter (Schiffbau, Flugzeugbau). Auf diese Möglichkeiten geht die Bauforschung zur Zeit nicht ein.

Diese Situation erklärt auch, warum z.B. in Holland und in Skandinavien leistungsfähigere Organisationsformen [NN92a] [DBT95] und Bautechniken bekannt sind und allgemein angewandt werden, aber von der deutschen Baupraxis so gut wie nicht übernommen werden. Ähnliches gilt sogar für die Fertighausindustrie, die Produktionsvorteile nicht realisieren kann, weil sie Gebäude so produziert als seien sie auf eine traditionelle Art und Weise erstellt worden. Dabei werden seit Anfang des Jahrhunderts besonders kostensparende Wohnformen und Bauweisen entwickelt (z.B. durch den Architekten Segal) und es gibt bis heute vielfältigste Experimente zu diesem Thema [GÜN92] [BRE95] [PAR95] [BOL96] [BRE96] [HER96]. Auch in der Bautechnologie sind seit den sechziger Jahren realisierte Beispiele bekannt, die deutlich leistungsfähiger sind als selbst die derzeitige holländische oder skandinavische Praxis. So wurden z.B. vom Architekten Konrad Wachsmann 1960 ein Bau- und Produktionssystem (General Panel) entwickelt, mit dem Wohngebäude in einer Fabrik vorgefertigt, auf nur jeweils einem LKW verladen und von 3 Personen in einem Tag schlüsselfertig mit Küche aufgestellt werden konnten, ohne daß es sich dabei immer um das gleiche Haus handeln mußte. Selbst die zur Zeit engagiertesten Forschungsprojekte um eine Automatisierung im Baubetrieb [BOC95a] [BAD94] [WEI96] erreichen nicht diese Performance.

Eine wesentliche Besonderheit des Bauens ist, daß der Baugrund nur sehr begrenzt zur Verfügung steht. Es gibt also - anders als im Maschinenbau - deutliche Wachstumsgrenzen für das Produkt Neubau in Massenfertigung. Alle Prognosen deuten auf eine zunehmende Bedeutung von Umbauten und Renovationen in der Bauwirtschaft hin, was aber in den aktuellen Bemühungen um Kostenreduzierungen, Qualitätsverbesserungen und selbst in ökologischen Diskussionen um Nullenergiehäuser nicht reflektiert wird (Beispiel: [BMBau 95] [FZB 96] [HOL 96] etc.). Eine Diskussion um Technologien und Verfahren, die flexibel genug sind, um in Neu- und in Umbauten eingesetzt werden zu können, gibt es nicht. Auch hier bieten sich die oben angesprochenen adaptiven Planungs- und Fertigungsverfahren an.

- **Gebäudemodelle.** Die Notwendigkeit von Gebäudeproduktmodellen ist unumstritten [COMBINE] [DUBO94]. Es wird seit längerer Zeit an verbindlichen Standards für die Beschreibung von Gebäuden gearbeitet [EXPRESS] [STEP] [NN92b]. In der Architektur haben diese Bemühungen eine lange Tradition [DUR1801] [DUR1802] [NEU96]. Größere ESPRIT-Projekte haben Produktmodelle für „Large Scale Engineering“ zum Thema und wirken sich damit auch auf die Gebäudemodellierung aus [STOR95] [POYE94] [POYE95] [TOL94].

Die engagiertesten Modelle zur Beschreibung von Gebäuden gehen implizit von der Vorstellung eines Neubaus aus, der auf mehreren Abstraktionen (entlang des Planungsprozesses) und in mehreren Sichten (für die verschiedenen Planer) ein Gebäude von der frühen Skizze bis zur detaillierten Planung beschreiben (aktuelles Beispiel ist [COMBI]). Neue Projekte umfassen auch die Bauausführung [ROCCO] und das Facility Management [ToCEE]. Vergleichbare Entwicklungen gibt es z.B. im Schiffsbau [ISiS] oder im Maschinenbau [SFB346]. Modelle, die Neubau wie Altbau gleich behandeln, die also den Neubau oder Rückbau quasi als Sonderfall einer Renovation oder eines Umbaus begreifen, sind nicht bekannt. Nur solche Modelle können aber jede Phase im Lebenszyklus eines Gebäudes neutral beschreiben.

Die existierenden Gebäudemodelle integrieren in der Regel über die oben beschriebenen Phasen des Lebenszyklus geometrische Daten mit Energieberechnungen und Tragwerksplanungen und Kostenermittlungen [COMBI] [RETEX] [ICADS]. Umweltverhalten, Lebenszyklusverhalten Dauerhaftigkeit und Baubarkeit im weitesten Sinne wurden bisher nicht integriert.

Nach Beobachtung der verschiedensten Bemühungen auf dem Gebiet der Gebäudemodellierung über die letzten 10 15 Jahre scheint es aussichtslos ein integriertes und praktikables Modell für verschiedene Gebäudetypen und -konstruktionen zu erstellen. Die Entwicklungen im Maschinenbau [SFB336] legen ausserdem nahe, Gebäude, Konstruktionen, Planungsverfahren etc. zusammen mit der Modellierung zu gestalten, um ein funktionsfähiges Gesamtsystem zu entwickeln (Stichwort: automatisationsgerechte Produktgestaltung).

- **Kooperationstechniken.** Besondere Integrationsleistungen werden von neuen Kommunikationsmitteln erwartet. Wurden bisher für das Projektmanagement PERT-basierte Werkzeuge benutzt, so drängen sich in letzter Zeit vermehrt Multimedia [SIMBA] und Online-Konzepte - allerdings nicht aus dem Baubereich - auf dem Internet in den Vordergrund [DECOR] [SFB374] [BSCW] [wOrlds]. Im Gegensatz zur vorherrschenden, eher ausschnittswisen Betrachtung des Projektmanagements [MOT93] existieren etwa an der ETH Zürich interessante weitergehende Integrationsansätze [WIE95]. Es zeigt sich daß die klassischen Ansätze des Projektmanagement, z.B. [RÖS89], im Lichte der Resultate der Forschung zur Prozeßmodellierung [AOUA94], [TAKE90] erweitert und bereichert werden können.

Der Einfluss der Genehmigungspraxis und der Baureglements auf den Bauprozess wurde vor allem im Wohnungsbau sehr detailliert untersucht [DBT95].

- **Energie- und Stoffflußbilanzen.** Alle Versuche, die Umweltbelastung durch den Bauprozess zu verringern, beruhen schlußendlich auf Energie- und Stoffflußbilanzen, wie sie in Lebenszyklusanalysen durchgeführt werden. Die Methodik der Lebenszyklusanalyse wird z.Z. standardisiert [ISO95]. Grundlagen wurden im Rahmen der SETAC erarbeitet. Bewertungsverfahren beruhen auf CML Kriterien [FIN92]. Regionale Stoffflussbilanzieretechniken werden in [BAC95] beschrieben.

Sowohl bei Neubaumaßnahmen, wie auch bei der Altbaumodernisierung kommt es entscheidend darauf an, ökologische und ökonomische Baustoffe sowie energiesparende Technologien zum Einsatz zu bringen [MEN96]. Neben dem zu erwartenden Wettbewerbsvorteil gegenüber den konkurrierenden europäischen Dienstleistern und Produktanbietern, die diese Fragen bei weitem nicht so bewußt verfolgen, gilt es diese wichtigen Zukunfts- und Kulturperspektiven zu entwickeln, um über die CO₂ -, Kostenreduktion und Produktivitätssteigerung etc. hinaus auch ein neues Leitbild für das Bauen in Deutschland zu entwickeln [NN94d] [NN94f] [ABB90] [BAR95] [ERH93] [BEW92] [KOH92a]. Symptomatisch für die immer stärker werdende Verbindung zwischen Bautechnik und Umweltorientierung ist insbesondere der Entwurf einer DIN-Norm zum Rückbau [DIN94]. Auch die Qualitätssicherung [ISO9000] umfaßt legt zunehmend Gewicht auf Öko-Management [ISO14001] sowie Öko-Audit- [FICH95] und Ökocontrolling-Verfahren [UBA95].

- **Baukonstruktion.** Die Wahl der Baukonstruktion hat einen entscheidenden Einfluß auf die Qualität und die Kosten eines Gebäudes. In diesem Zusammenhang ist der Begriff Qualität weit gefaßt. Er umfaßt neben ästhetischen Gesichtspunkten und denen einer rationellen Montage, vor dem ökologischen Hintergrund zunehmend Begriffe wie Langlebigkeit, Flexibilität, Demontabilität, Recycelbarkeit und Nachrüstbarkeit [KOH92b] [FIN92] [BRE93] [BRE95] [BRE96] [KAN93] [LEW95]. Das diese Begriffe über die Lebensdauer eines Gebäudes kostenrelevant sind ist allgemein belegt. Allein werden sie unter den derzeitigen Rahmenbedingungen zu wenig beachtet.
- **Bauautomatisation.** Die Bauwirtschaft ist bereits sensibilisiert für den Zusammenhang von Baukonstruktion und rationellem Einsatz von Automatisierungstechniken, beispielsweise dem wirtschaftlichen Robotereinsatz [GUO96] [BOL96]. Bezüglich einer Standardisierung der baukonstruktiven Elemente, bzw. einer einheitlichen Maßordnung gibt es derzeit jedoch noch keine umsetzungsreifen Ansätze. Das gleiche gilt für die automatisierungsgerechte Durcharbeitung der Baustoffe und Bauelemente [LEY95] [BOL96] [NN92b]. Erwartet wird, daß diese Konstruktionen gewerkeübergreifend sein werden und den üblichen Bauablauf nachhaltig umstrukturieren werden. Die Verbesserung der Bautechniken durch Robotisierung scheint begrenzt durch technische Einschränkungen [Kies94] [Leyh95] [GUO96]. Selbst in speziellen Einsatzfeldern wie denen der japanischen Bauroboter, wo das Ziel der Vollautomatisierung erreichbar scheint, ist dies bei Unikatfertigung offenbar derzeit nicht wirtschaftlich. [Ref.Gebauer]. Die Möglichkeiten des Einsatzes von Robotern wurden im Rocco Projekt untersucht [GEBH94].
- **Vorfertigung.** Für die Produktion der einzelnen Baukomponenten wird z.T. schon die angestrebte Infrastruktur mit einer starken Verzahnung von Entwicklung und Fertigung eingesetzt [BAD94]. Dabei ist eine Trendwende von der Serienproduktion hin zu einer individuellen Produktion von Baukomponenten mit einer zunehmenden logistischen Komponente festzustellen (just in time, lean production). Das Spektrum der Produktion reicht von Baumaterialien, über Komponenten bis hin zu ganzen Bausystemen. Bedingt durch die industrielle Vorfertigung sind die Toleranzen der Komponenten und Systeme sehr gering und mit dem Maschinenbau vergleichbar [ABR95].

Auch bei den Fertighausherstellern sind in Teilbereichen der Vorfertigung bereits durchgängige CAD-CAM Ketten realisiert. (Beispiel Fa. Schwörer Haus GmbH). Probleme tauchen auf im Bereich von Naßzellen und Sanitärinstallationen. Diese Bereiche sind in der Planung und Ausführung sehr komplex und erfordern noch einen sehr hohen handwerklichen Aufwand.

Im Bereich der Vorfertigung von Rohbauelementen (Massivbau), gibt es viele leistungsfähige Hersteller (z.B. Fa. ZAPF, Hebel AG, Fa. SÜBA, Fa. Leonhardt Weis GmbH). und Verfahren. (z.B. Betonfertigteile, Porenbetonfertigteile, Mauerwerksteile). Teilweise werden andere Gewerke, wie die Installationen in die Bauteile integriert. Eine wirklich gewerkeübergreifende Integration, die eine umfassende Planung und Koordination benötigt, ist jedoch eher schwach ausgeprägt. [BOC95a] [BAD94] [HER95] [WEI96]

- [ABB90] ABBE,S; BRAUNSCHWEIG A; MÜLLER-WENK, R: Methodik für Oekobilanzen auf der Basis ökologischer Optimierung. BUWAL Schriftenreihe Nr. 144. Bern 1990.
- [ABR95] ABRAMOWICZ K., B. BOSS, V. HOVESTADT, J.A. MÜLLE, R. STURM, P. LOCKEMANN (1995). „Konsistenz-überwachung in Datenbanksystemen - Eine Anforderungsanalyse anhand der Entwurfsbereiche Architektur und Schiffbau“. In Datenbanken in Büro, Technik und Wissenschaft (BTW). Springer Verlag.
- [AOU94] Aouad, G, Kirkham, J, Brandon, P, Brown, F, Child, T, Cooper, G, Ford, S, Oxman, R, Young, B: The conceptual modelling of construction management information, Automation in Construction, 1994, Band 3, Heft 4, S. 267-282
- [BAC95] Baccini, P; Bader, H.P.: Regionaler Stoffhaushalt. Spektrum Verlag, Berlin 1996.
- [BAD94] BADE K., DETERS K., BLOMENSCHAU F., HAMPE K.H.: Kosten- und Zeitersparnis beim Bauablauf durch den Einsatz komplexer Fertigteile. Abschlussbericht. IRB Verlag Stuttgart 1994
- [BAR95] BARTH B., O. EIERMANN; A. HAIDA; S. HEITZ; M. HERMANN; E. KUKUL (1995). „Life cycle modeling of buildings“. EuroPIA 95', Lyon.
- [BAX95] Baxendale, T, Alshawi, M: Discussion on: Information systems development for contracting. T. Baxendale, Automation in Construction, 2 (1994) 291-302, Automation in Construction, 1995, Band 4, Heft 3, S. 255-256
- [BEW92] Datensatz für Energiebereitstellung, Energieumwandlung, Transportprozesse, Bauprozesse, Baumaterialherstellung und Entsorgungsprozesse.EPFL-LESO 1992
- [BEZE91] BEZELEGA, A, BRANDON, P [1991] Management, Quality and Economics in Building. CIB Congress in Lisboa 1991, Spon, London.
- [BMB83] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Siedlungsbau: Berücksichtigung von Umwelteinflüssen bei der Auswahl von Bauverfahren. Schrift. "Bau- und Wohnforschung" 04.095. 1983
- [BMB94] Mehr Wohnungen für weniger Geld. Bericht der Kommission zur Kostensenkung und Verringerung der Vorschriften im Wohnungsbau. Materialband 1. Einzelschrift des BMBau 1994.
- [BOC95a] BOCK T.: Rationelle Vorfertigung und Baustellenfertigung von Mauerwerk. in: Betonwerk und Fertigerteiltechnik 1995, Jg.61, Nr.12, S.86-97
- [BOL96] BOLTIN R.: Haustechnik und automatisiertes Bauen. Automatisierungsgerechte Konstruktion mit dem Materialsystem ISAMAT 2000. in: Beratende Ingenieure 1996, Jg.26, Nr.3, S.70-73
- [BRE93] BREDENBALS B., WILLKOMM W., WEBER H.: Recyclinggerechte Bauweisen im Innenausbau. Informationszentrum RAUM und BAU. Stuttgart 1993
- [BRE95] BREDENBALS B., WILLKOMM W., WEBER H.: Rationelle Selbsthilfe und Recycling. Rationeller Materialeinsatz, Abfallvermeidung und Baustoffrecycling bei Selbsthilfemaßnahmen im Wohnungsbau. Abschlussbericht. IRB Verlag Stuttgart 1995
- [BRE96] BREDENBALS B., HULLMANN H.: Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau. Kostensenkung in der Erstellung und im Betrieb mehrgeschossiger Wohnbauten durch den Einsatz der Holztafelbauweise für Außenwände. Institut für Industrialisierung des Bauens. Hannover 1996
- [BSB96] Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Bericht für den Deutschen Bundestag, Drucksache 13/3593. 1996
- [BSCW] Basic Support for Cooperative Work, <http://bscw.gmd.de>
- [COMBI] Computer-Integrated Object-Oriented Model for the Building Industry. ESPRIT Project 6609
- [COMBINE] Augenbroe G.L.M.: Combine2 - EU DG XII Joule. TU Delft. Delft 1995. p. 92 Final Report No. Contract J0U2-CT92-0196
- [DBT95] DEUTSCHER BUNDESTAG (HG.): Handlungsrahmen der Bundesregierung für eine Initiative zum kosten- und flächensparenden Bauen sowie Bericht der Kommission zur Kostensenkung und Verringerung von Vorschriften im Wohnungsbau „Mehr Wohnungen für weniger Geld“ 29.08.95. BT-Drucksache 13/2247. Bonn 1995
- [DECOR] DECOR DECENTRALISED and COLLABORATIVE PRODUCTION MANAGEMENT via ENTERPRISE MODELLING and METHOD REUSAGE, BIBA, Universität Bremen, <http://www.biba.uni-bremen.de/projects/decor/decor.html>.
- [DIN94] Rückbau, DIN-Entwurf 1996.
- [DIN96] DIN 33926: Produktbezogene Ökobilanzen. Standardberichtsbogen. Entwurf Februar 1996.
- [DUBO94] Dubois A.M., Flynn J., Verhoef M.H.G., Augenbroe G.L.M.: Conceptual modelling approaches in the COMBINE project. In: ECPPM '94 - Proceedings of the First European Conference on Product and Process Modelling in the Building Industry. Edited by Scherer R.J.. Balkema. Rotterdam 1995. p.555-565
- [DUR1801] Durand, J.N.L.: Recueil et Parallele des Edifices de tout genre Anciens et Moderne. Parin An IX, 1801.
- [DUR1802] Durand, J.N.L.: Precis des Lecons d'Architecture d'indnees a l'Ecole Polytechnique, PARin An X, 1802.
- [EK96] Stoffströme und Kosten im Bereich Bauen und Wohnen. Studie für die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages zum Schutz von Mensch und Umwelt. ITAS, ifib, iwu und Partner, Karlsruhe 1996.
- [ERH93] ERHORN H. (ED.): CIB Proceedings : International Symposium Energy Efficient Buildings : Leinfelden-Echterdingen, Germany, 9 - 11 March 1993. IRB-Verlag 1993
- [EXPRESS] EXPRESS-C ISO TC184/SC4, <http://www.nist.gov/sc4>
- [FAZ96] Frankfurter Allgemeine Zeitung, 15.11.96
- [FICH95] FICHTER, K : Die EG-ÖKO-AUDIT Verordnung. München 1995.
- [FIN92] FINNVEDEN, G. et al: Classification (Impact Ananlysis) in Relation with Life cycle Assessment. A preliminary study. IVL. Draft. Stockholm and Göteborg. 1992
- [FZB 96] Forum Zukunft Bauen - Kostengünstiger, qualitativvoller, ökologischer Wohnen. Informationszentrum Beton, Köln 1996.

- [GEBH94] Gebhart F., Bock T.: ROCCO - Robot assembly system for computer integrated construction: An overview. In: ECPPM '94 - Proceedings of the First European Conference on Product and Process Modelling in the Building Industry. Edited by Scherer R.J.. Balkema. Rotterdam 1995. p.583-590
- [GÜN92] GÜNTHER C.: Rationelle Vorfertigung sanitärer Installationsnetze im Handwerksbetrieb. Kerpen, 1992.
- [GUO96] Guo, S-J, Tucker, R L: A generic cost-concern matrix for identifying automation needs in construction, Automation in Construction, 1996, Band 5, Heft 2, S. 91-104
- [HAL92] Halpin, D ; Riggs, L : Planing and analysis of construction operation. New York, 1992.
- [HEI92] HEIJUNGS, R. et al (1992): "Environmental life cycle assessment of products; Guide and Backgrounds (Vol. I +II)"; (NOH), CML, Leiden,
- [HER95] HERKOMMER F., BLEY B.: CAD / CAM for the prefabrication of brickwork . in: Automation in Construction, 1995, Band 4, Heft 4
- [HER96] HERR R.: Qualitätvoller Wohnungsbau gesucht. Möglichkeiten der Kostenreduzierung und Denkanstöße. in: Beton 1996, Jg.46, Nr. 1, S. 44-47
- [HIR91] HIRSCH,B: Future research in one-of-a-kind production International Working Conference on «One-of-a-kind» Production. BIBA,Bremen 1991.
- [HOL96] Philip Holzmann AG: Gebäude von morgen. Forschungsbericht, Ffm. 1996.
- [ICADS] Intelligent Computer-Assisted Design System for Architectural Design Assistance.
<http://www.csc.calpoly.edu/~cadrc/icads.html>
- [ISiS] ISiS Development of an Integrated Product Data Model Shipbuilding/Architecture, Tools, Methods.
<http://www.biba.uni-bremen.de/docs/projects/itis-2/itis2.html>
- [ISO9000] ISO 9000-9004 Normen zum Qualitätsmanagement und zur Zertifizierung. 1993 (?)
- [ISO14001] ISO : Environmental Management Sytem . Draft Standard. 1995
- [ISO207] ISO Technical committee „Environmental management“
- [KAN93] KANDEL L., LINHARDT A., ROTH J.: Baunutzungskosten und ökologisches Bauen. Ergebnisbericht des BMBau. Bonn 1993
- [KIE94] L. Kiesewetter, E. Petzschmann, G. Lappus, K. Wollenick, S. Simon, R. Höppner, H.-P. Unruh, C. Schröpfer: "Automatisierung und Robotereinsatz im Bauwesen - Stand der Technik und Entwicklungsschwerpunkte". Studie der TU Cottbus im Auftrag von "zebra Zentrum für rationelles und anwendungsorientiertes Bauen GmbH" in Essen; Cottbus 1994
- [KOH91a] KOHLER, N.: Life cycle costs of buildings. European Forum on Buildings and Environment. University of British Columbia - Vancouver/Canada. March 1991
- [KOH92a] KOHLER N.; Lützkendorf, Th.: Handbuch zur Erstellung von Energie- und Schadstoffbilanzen von Gebäuden. Bundesamt für Energiewirtschaft. Bern 1992.
- [KOH92b] Mitherausgeber von: "Buildings and the environment" - Proceedings of the international research workshop . Cambridge Sept.1992.
- [LEW95] LEWIS O., GOULDING J. (EDS.): European directory of sustainable and energy efficient building: components, services, materials. James & James. London 1995
- [LEY95] LEYH W.: Experiences with the construction of a building assembly robot . in: Automation in Construction, 1995, Band 4, Heft 1
- [MEI94] MEIER G.: Der Mietwohnungsbau im Ländervergleich Schweiz/Deutschland. Bau- und Bodenpreise, Standardunterschiede, Rechtliche Usancen, Rentabilität. Baufachverlag, Dietikon (CH) 1995
- [MEN96] MENKE-GLÜCKERT P.: Marktchance Ökobau. Kein Widerspruch zwischen Ökologie und Ökonomie. Blick durch die Wirtschaft. 24.7.1996
- [MOT93] Motzel, E. : Projektmanagement in der Baupraxis. Ernst Verlag, Berlin, 1993
- [Neufert 36] Neufert, E.: Bauentwurfslehre, Vieweg, Wiesbaden. Aktuelle Ausgabe 1996.
- [NEU94] NEUMANN H., PESCH K.H., PETRAUSCHKE B.: Weiterentwicklung der Statistik für Bauland. - Ergebnisse - Statistisches Bundesamt Wiesbaden 1994
- [NEU96] Neufert, E.: Bauentwurfslehre. Vieweg, Wiesbaden, aktuelle Ausgabe 1996.
- [NN92a] NN: Internationaler Baukostenvergleich - EUROSTAT. Bundesminister fuer Wirtschaftliche Angelegenheiten, Sektion X Wohnbauforschung, IRB Verlag Stuttgart 1992
- [NN92b] NN: Katalog standardisierter Bauelemente fuer den Wohnbau. Standard-Bauelementkatalog. Ib-data GmbH Wien 1992
- [NN93b] Funktionsweise städtischer Bodenmärkte in Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft - ein Systemvergleich. Einzelschrift des BMBau 1993
- [NN94d] NN: Umweltgerechtes Bauen und ökologisches Planen. Schriftreihe des BMBau 1994
- [NN94f] NN: Stadtökologie. Umweltverträgliches Wohnen und Arbeiten. Einzelschrift des BMBau 1994
- [NOR92] NORDIC Product life cycle asesement - Principles and methodology. Nord 1992:9. Collection Environment. Nordic Council of ministres 1992.
- [OZEL91b] OZEL, F., «Simulation of Processes in Buildings as a Factor in the Object Representation of Built Environments». Building Simulation, 1991.
- [PAR95] PARSLOE C.J.: Reducing building service costs: an international comparison of design and installation methods. Brachnell. Building Services Research and Information Association BSRIA 1995
- [POP96] POPPY, W.: Automatisierung im Baubetrieb - Reizthema oder wichtiges Innovationsfeld ? in: Bauingenieur 1996, Jg.72, Nr.3, S.A15-A16[RETEX] Rechnergestütztes Entwerfen Technischer Gebäudeausrüstung mit Hilfsmitteln der Expertensystemprogrammierung. (BMBF Verbundvorhaben Laufzeit 1990 - 1994)
- [POYE94] Poyet P.: ATLAS integration tools. In: ECPPM '94 - Proceedings of the First European Conference on Product and Process Modelling in the Building Industry. Edited by Scherer R.J.. Balkema. Rotterdam 1995. p.479-488
- [POYE95] Poyet P. et al.: Data abstraction, Generalisation and View conversion. 1995. ATLAS deliverable, CEC Esprit III - CIME IV 2.3 - Project 7280 - ATLAS - restricted No D302c.

- [ROCCO] Robot Assembly System for Computer-Integrated Construction. ESPRIT 6450.
<http://www.twente.research.ec.org/esp-syn/text/6450.html#top>
- [RÖS89] Rösel, W.: Baumanagement; Springer-Verlag, Berlin, 1994
- [SCH95] Schmidt, T.; Streich, B.: 1995: Computergestützte Bauleitplanung mit wissensbasierten Systemen. In: Vermessungswesen und Raumordnung, Jg. 57, Heft 3, S.149-162[SET93] SETAC Workshop: A conceptual framework for life cycle impact assessment. Sandestin USA. 1993
- [SFB 336] "Montageautomatisierung durch Integration von Konstruktion und Planung"
<http://www.mw.tu-muenchen.de/sfb336/>
- [SFB 346] Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen, Karlsruhe.
- [SFB 374] Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte (Rapid Prototyping), Stuttgart,
<http://www.iao.fhg.de/Public/projects/sfb374>
- [SIMBA] ESPRIT Project 22217 - Seamlessly Integrating Multimedia in Building Automation:
<http://www.ta.se/eng/esprit/simba.html>
- [STEP] STEP, ISO 10303
- [STOR95] Storer G. et al: ATLAS prototype demonstration, description of the demonstration given on 5th july 1995. Project Preview Meeting. Cambridge 1995. p. 53. ATLAS deliverable CEC ESPRIT III-CIME IV 2.3 - Project 7280 - ATLAS - public No D505
- [TAK90] Takeda H., Veerkamp P., Tomiyama T., Yoshikawa H.: Modelling Design Processes. AI Magazine. American Society of Artificial Intelligence 1990 Vol.11 No 4 p. 37-48
- [ToCEE] Towards a Concurrent Engineering Environment in the Building and Engineering Structures Industry. Industrial RTD Project (ESPRIT). <http://bci10.bau.tu-dresden.de/tocee>
- [TOL94] Tolman F., Poyet P.: The ATLAS models. In: ECPPM '94 - Proceedings of the First European Conference on Product and Process Modelling in the Building Industry. Edited by Scherer R.J.. Balkema. Rotterdam 1995. p.473 - 477
- [TUCK90] TUCKER S.N. and RAHILLY, M. (1990) «Life cycle costing of housing assets», in *Building Maintenance and Modernisation Worldwide*, Vol.I (cd. Quah Lee Kiang), Longman, Singapore, pp. 162–171.
- [UBA95] BUNDESUMWELTMINISTERIUM UND UMWELTBUNDESAMT (HRSG) : Handbuch Umweltkontrolling.München 1995.
- [WEI96] WEISS L.: Revolution im Mauerwerksbau. in: Österreichische Bau-Zeitung 1996, Nr.19, S.14
- [WES96] WESTLING H.: Co-operative Procurement. Market Acceptance for Innovative Energy-Efficient Technologies. NUTEK Stockholm 1996
- [WIE95] Wiedemann, S.: Kommunikation im Bauprozess. Dissertation ETH Zürich 1995
- [WOL95] WOLLENICK K.H., SIMON S.: Automatisierung und Robotereinsatz im Bauwesen - eine Studie. in: BMT Baumaschine und Bautechnik 1995, Jg.42, Nr.2, S.75-81
- [wOrlds] a CSCW environment based on Internet: <http://acsl.cs.uiuc.edu/kaplan/worlds.html>
- [YAMA92] YAMASAKI, Y., «Integrated design and construction planning system for Computer Integrated Construction», Automation in Construction 1, p. 21-26, 1992, Elsevier.
- [ZOZA89] ZOZAYA-GOROSTIZA, C., HENDRICKSON, C.J. REHAK, D.R., [1989], «Knowledge-Based Process Planning for Construction and Manufacturing». Academic Press.

3 Lösungsansatz

Die vorgesehenen Arbeiten des SFB fügen sich durch dessen Zentrierung auf Integration in ein Lebenszyklusmodell ein. Die Lebenszyklusperspektive läßt sich einerseits aus der Spezifität der Bauwerke (mit hoher Lebensdauer und entsprechendem Einfluß des Bestandes etc.) als auch aus der allgemeinen Tendenz in Richtung einer umfassenden Beschreibung von Produkten und Prozessen über ihren Lebenszyklus (z.B. durch Produktmodelle, STEP-Normen etc.) betrachten.

3.1 Aufgabenstellung

Die komplexen Zusammenhänge im Bauwesen erfordern eine Vorstrukturierung der Problemfelder. Hierzu bedienen sich die Antragsteller einerseits der Lebenszyklus-Strukturierung in verschiedene Bau-Lebensphasen, andererseits einer Handlungsebenen-Struktur in Projektkoordination, Bauplanung und Fertigung / Betrieb. Die zu erbringenden Teilleistungen der Forschungszusammenarbeit sind also zunächst die Integration in innerhalb einer Strukturdimension, später die Verknüpfung dieser Gebilde zum Gesamtsystem.

3.1.1 Lebenszyklus-Integration

Die Integration über verschiedene Lebenszyklusphasen hinweg führt zur gesamtheitlichen Betrachtung von Vorfertigung, Montage, Wartung, Demontage und Entsorgung. Dies eröffnet die Möglichkeit, die Gesamteffizienz von Bautechniken zu bestimmen und zu optimieren, bevor Gebäude gebaut werden. Die Simulation dieser Vorgänge ist schneller und billiger als ein experimentelles Projekt. In Bezug auf das Verhalten der Gebäude über den Lebenszyklus (der Jahrzehnte dauern kann) ist es die einzige Art der Erkenntnisfindung.

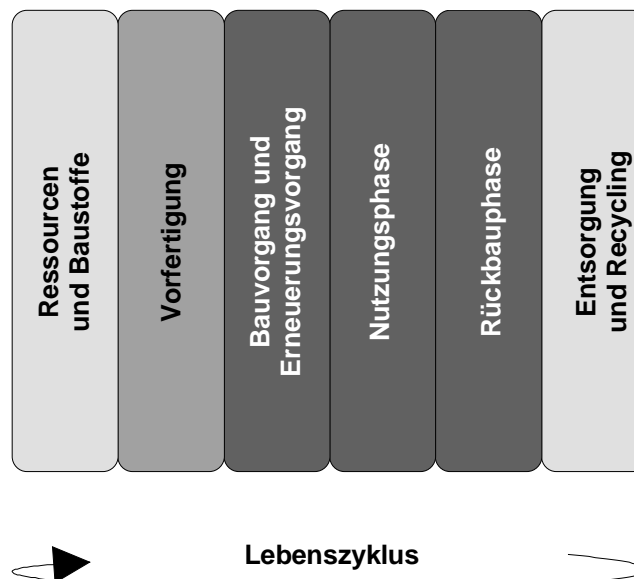


Abbildung 1. Strukturierung in Gebäudelebensphasen.

Folgende Lebensphasen werden hierzu identifiziert (Abbildung 1):

- **Ressourcen / Baustoffe.** Die Berücksichtigung der gesamten Vorstufen (z.B. "ökologische Rucksäcke") beeinflusst die Gewichtung der folgenden Prozesse.
- **Vorfertigung.** Mit Vorfertigung wird der Bereich des Bauens, der nicht Bauplatz- und zum großen Teil nicht bauobjektgebunden ist, bezeichnet.
- **Bauvorgang / Erneuerungsvorgang.** Diese Phase umfaßt den objekt- und bauplatzspezifischen Bauvorgang.
- **Nutzungsphase.** Sie ist im Leben eines Gebäudes entscheidend. Die Anforderungen an das Objekt werden aus dieser Perspektive definiert.
- **Rückbauphase.** Diese Phase wird in Zukunft eine immer größere Bedeutung erhalten und zum Schluß durch die zunehmende Reparatur, Weiterverwendung und Recycling von Bauteilen auf hoher Stufe die Komplexität von Neubau und Erneuerung erreichen und in diese Prozesse übergehen.
- **Entsorgung und Recycling.** Die Folgestufen in der Verwendung von Restmassen aus dem Bausektor und die Auswirkungen der Entsorgung der vorhandenen Altlasten sind eigene Problembereiche. Langfristig ist der Baubestand die wesentliche Ressource für jegliche Bautätigkeit.

3.1.2 Handlungsebenen-Integration

Die geordnete Integration aller Gewerke und Planungsbeteiligten erfordert zunächst eine einheitliche Grobstruktur des gesamten Bauprozesses. Diese Struktur umfaßt die Bereiche Projektkoordination, Planung und Fertigung (Abbildung 2). Die Inhalte dieser Bereiche unterscheiden sich im Bauwesen mitunter deutlich von denen in anderen Industrien. So muß etwa die Projektkoordination damit zurechtkommen, daß die Planung häufig bis in den Start des Bauvorgangs hinein mit unstrukturierten Daten arbeitet. Planung und Fertigung wiederum sind in Ablauf und Wirtschaftlichkeit stark vom Unikatcharakter des Bauproduktes geprägt.

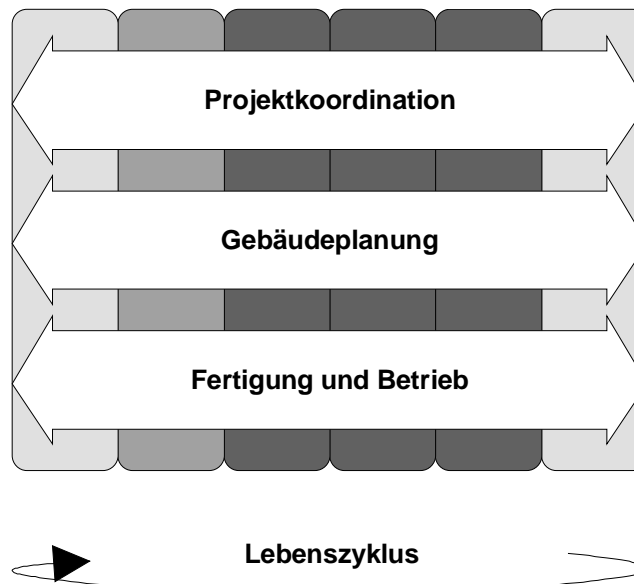


Abbildung 2. Strukturierung in Handlungsebenen.
Diese überlagert die Lebenszyklus-Struktur.

- **Projektkoordination.** In diesem Bereich werden die übergeordneten Ziele jedes Bauprojektes vorgegeben und sichergestellt. Die externen Vorgaben (Gesetze, Umfeld, Klima etc.) werden mit spezifischen Qualitätszielen (Behaglichkeitsanforderungen, Dauerhaftigkeit, Termine, Kosten, Ressourcenverbrauch etc.) verknüpft. Die Projektkoordination hat strategischen Charakter und benötigt eine weitentwickelte Kommunikationsinfrastruktur. Diese wird für alle am Projekt Beteiligten auf dieser Stufe erarbeitet. Die zur Entscheidungsfindung nötigen Informationen werden aus dem Planungsstand (Gebäudeplanungsbereich) oder der Bautechnologie (Fertigungsbereich) bezogen und auf den projektspezifischen Kommunikationswegen verarbeitet. Die Ergebnisse fließen in die Planung ein.
- **Gebäudeplanung.** Die Planung im Sinne der Umsetzung der Anforderungen in geometrische und technische Lösungen und ihrer Implementation über den Lebenszyklus hat einen hoch-integrativen Charakter. Es wird unterschieden zwischen fachübergreifender Integration (Kooperation) und lebenszyklusbezogener Integration (Rückkopplung). Die wesentlichen Verfahren auf dieser Stufe sind Simulation und räumlich orientierte Produktmodelle. Während die Daten der Produktmodellierung die zukünftige Gebäudezustände antizipieren, gewinnt die Simulation Informationen über das Verhalten eines existierenden oder geplanten Gebäudes unter bestimmten Bedingungen. Die Simulationsergebnisse werden im Projektkoordinationsbereich zu Vorgaben für die Planung verarbeitet. Grundlage für die Planung und Simulation sind existierende und neue Bautechnologien.
- **Fertigung und Betrieb.** Die Fertigung bedingt den optimalen Einsatz der Ressourcen über Raum und Zeit. Der Fertigungsbereich umfaßt die Vorfertigung von Bauteilen und die Logistik, die Montage- und Demontageverfahren einzelner Bauteile am konkreten Bauobjekt sowie die Folgestufe der Entsorgung. Die Abläufe des Fertigungsbereichs sind in der Regel wiederum Gegenstand der Planung und Simulation und fließen damit bereits vor der Baurealisierung in den Planungsprozeß ein. Damit ist die Modellierung jeglicher Kombination aus industrieller Vorfertigung und handwerklicher Erstellung ebenso möglich wie die gleichartige Betrachtung von Standardbauteilen und Unikaten für spezielle Projekte.

3.1.3 Verknüpfung

Die grundlegende wissenschaftliche Herausforderung des geplanten Sonderforschungsbereichs besteht in der komplexen Verknüpfung dieser Achsen.

Als strukturierendes Element des SFB werden alle Teilprojekte einem der drei Bereiche Projektkoordination, Bauplanung und Fertigung/Betrieb zugeordnet. Für jeden Bereich wird ein Leitprojekt definiert (Abbildung 3), das in der Lage ist, möglichst viele Aspekte aller Teilprojekte eines Bereichs zu verbinden.

Die drei Leitprojekte stellen untereinander die Kompatibilität ihrer Ergebnisse sicher. Diese Struktur wird jedoch keinesfalls die direkte Zusammenarbeit zwischen Teilprojekten unterschiedlicher Bereiche ausschließen, sondern soll klare Schnittstellen als Voraussetzung der Integration schaffen.

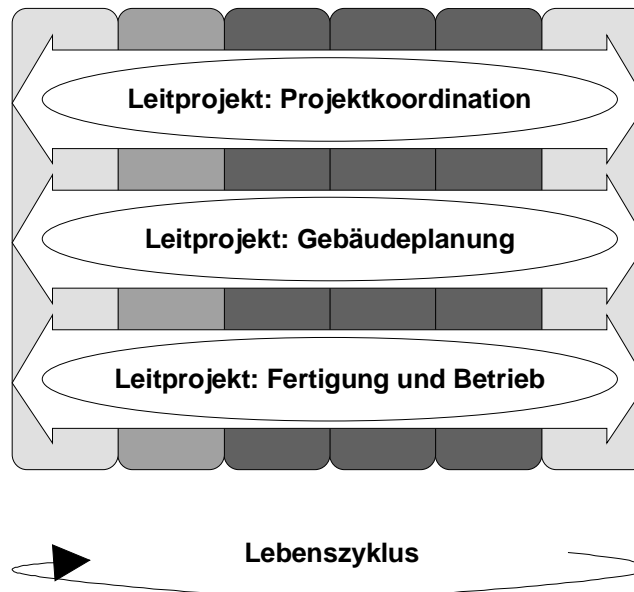


Abbildung 3. Leitprojekte in den Bereichen.

Damit ist die organisatorische Grundlage geschaffen, um die Komplexität der Zusammenhänge im Bauprozess zu strukturieren und abzubilden. Die Verknüpfung der Lebenszyklus- und Handlungsebenen- Integration erfolgt nun über Verknüpfungen der Teilprojekte mittels der Leitprojekte (Abbildung 4). Die Verknüpfung bietet:

- Möglichkeiten der Aggregation der Informationen von der Fertigung über Planung zu Projektkoordination (bottom up Verfahren)
- Möglichkeiten der Vorgabe von Zielen von Projektkoordination über Planung zu Fertigung (top down Verfahren)
- Möglichkeiten der Verwirklichung von verschiedenen Sichten auf ein Problem durch einen geeigneten Produktmodellansatz, respektive durch Koppelung verschiedener Modelle
- Möglichkeiten der virtuellen Planung und Fertigung durch weitgehende Simulations-techniken, um neue Technologien sowie das Langzeitverhalten bewerten zu können
- Möglichkeiten der Verbindung von Planung, Diagnose und Verwaltung über gemeinsame Modelle und kombinierte Mehrzweck-Sensorik
- Möglichkeiten der Verknüpfung von Produktmodell und Kommunikationsmodell innerhalb einer übergreifenden Informationslogistik

Die im Abschnitt 4.1 genannte Teilung in die drei Bereiche Projektkoordination, Gebäudeplanung und Fertigung wird die Struktur des geplanten Sonderforschungsbereiches prägen. Da eine sinnvolle Automatisierung nur unter dem Aspekt der Integration zu definieren und zu erreichen ist, wird besonderes Augenmerk auf die Zusammenwirkung der Bereiche gelegt.

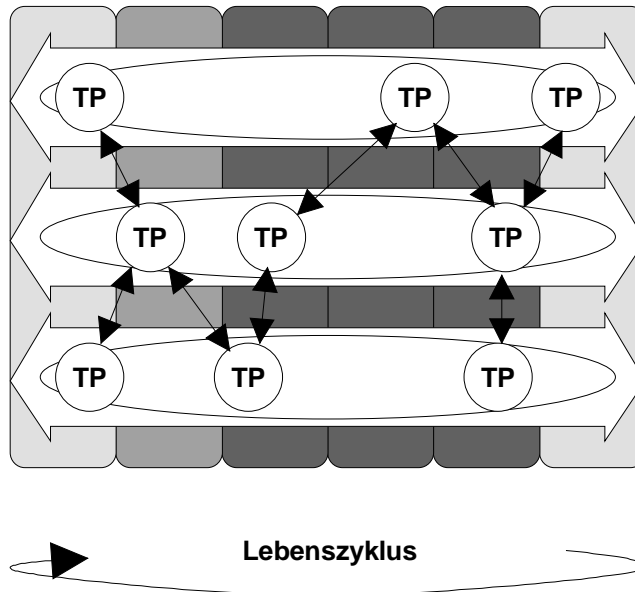


Abbildung 4. Verknüpfung der Teilprojekte.

3.2 Schwerpunkte

Je nach inhaltlicher Ausrichtung der einzelnen Teilprojekte lassen sich verschiedene Problemfelder identifizieren, in den konkrete Ansatzpunkte für die Forschung identifizierbar sind. Jedes Teilprojekt wird sich mit einer individuellen Kombination der folgenden Kernpunkte befassen:

- **Kooperation.** Die Kooperation im Bauwesen ist allein durch die Sprachbarriere wechselseitig fachfremder Bereiche bereits schwierig und widersetzt sich deshalb der Integration und Automatisierung. Sie ist dennoch ein zentraler Bereich: Ein optimales Ergebnis ist nur erreichbar, wenn gegeneinander wirkende Kriterien möglichst objektiv abgewogen werden können. So kann (unter den abstrakten Zielvorgaben) eine gewünschte kurze Bauzeit die gesetzte Kostengrenze überschreiten. Eine höhere Bauqualität, die durch andere Materialien und Ausstattung erreicht wird, ist in den meisten Fällen ebenfalls mit höherer Bauzeit und gesteigerten Kosten verbunden usw. Die **Entscheidungsfindung** erzwingt eine Kooperation, die zudem effizient sein und zu nachvollziehbaren Ergebnissen führen muß. Diese **Nachvollziehbarkeit** geht heute entweder verloren oder wird mit unverhältnismäßig hohem Aufwand auf bürokratischem Wege hergestellt.
- **Informationsmanagement.** Durch die durchgehende Modellierung der Steuerungs-, Planungs- und Fertigungsprozesse wird die Zusammenfassung verschiedener Beteiligter zu einem **"virtuellen Unternehmen"** inhaltlich ermöglicht. Durch die technische Unterstützung der Kommunikation kann die Abstimmung der verschiedenen Bereiche beschleunigt werden. Damit werden kooperative Entscheidungen und Rückkoppelungsprozesse für weitere Teile des Bauwesens möglich und sinnvoll. Die frühzeitige Zieldefinition und die Verkürzung der Planungszeit durch Parallelisierung der Planungsvorgänge kann so erreicht werden, ohne die Flexibilität des individuellen Bauproduktes aufzugeben.
- **Gebäudebilanzierung.** Die Anforderungen der optimalen Gesamtlösung und der Nachvollziehbarkeit begründen die Notwendigkeit eines **zielorientierten Planungsmanagements** - einer Planung, die stärker als bisher an Vorgaben wie Qualität, Kosten und Zeit orientiert ist. **Gebäudebeschreibungen**, die die komplexe (und redundante) Überlagerung von Stoff-, Energie-, Geld und Informationsflüssen (zum Beispiel in der Planung) wiedergeben, legen die Grundlage hierfür. Die Dynamik der Vorgänge erfordert eine Beschreibung als Prozeß, nicht als statische Objekte. Viele dieser Prozesse (z. B.

Baubeschriebe, Ablaufpläne, Erneuerungsszenarios) werden heute bereits in der Planung beschrieben, jedoch unvollständig und ohne Konzept zur Einbindung in ein konsistentes Gesamtsystem. Weiterentwicklungen der Produktmodelle können auf dieses nicht bauspezifische Problem eingehen.

Im Bereich der Energie- und Stoffflüsse sind die Systemgrenzen dieser Beschreibungen sind die Entnahme von Ressourcen aus der Natur bzw. die Rückgabe von Emissionen an die Natur. Solche Bilanzen unterschiedlichster Ausgestaltung werden häufig als "Ökobilanzen" bezeichnet.

- **Simulation.** Die **planungsbewertende Simulation** von Größen wie Zeit, Bau- und Nutzungskosten, Energiebedarf, Lichteinfall usw. erlaubt eine exaktere und damit qualitativ bessere Beurteilung der Planung in sehr kurzer Zeit. Sie soll daher eng in die räumliche Planung des Bauobjektes integriert werden und so ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit werden. **Tutorensysteme** auf Basis von Simulation können die fundamentalen Kommunikationsbarrieren zwischen Personen aus „Praxis“ und „Theorie“ abbauen und damit eine weitere Validierung des Planungsergebnisses auf Durchführbarkeit und Nutzen erreichen. Eine qualitative Verbesserung des Ergebnisses bei gesenkten Fehlerkosten ist die Folge.
- **Lebenszyklus.** Durch die Verlagerung der Bauaufgaben von der Neuplanung in die Umnutzung / Renovation ist eine **Baudiagnose** immer häufiger der erste Schritt eines Bauvorhabens. Die Bauaufnahme kann durch sensorische Systeme soweit in ein Gesamtkonzept integriert werden, daß **kein Verfahrensunterschied zwischen einer Neu- und Umplanung** besteht. Auch während der Nutzungsphase sind Erhaltungsmaßnahmen am Bauwerk nötig, die eine Erfassung des Gebäudezustandes erfordern. Erstmals sollen deshalb dieselben "Telepräsenzsysteme" nach der Bestandsaufnahme im Gebäude verbleiben und so Aufschluß über den Bauzustand liefern und damit Alterungsprozesse erkennen helfen. Dies wird zu einer rechtzeitigen Diagnose von Bauschäden und damit zur mitunter drastischen Reduktion der Erhaltungskosten führen. Die gewonnenen Daten werden eine stabilere Grundlage für die Prognose der Lebenserwartung von Bauweisen unter entsprechenden Nutzungs- und Standortbedingungen geben und in zukünftige Planungen einfließen.
- **Fertigung.** Mittels CAD/CAM-Ketten können Baukomponenten in Unikatfertigung in den Planungs- und Ausführungsprozeß integriert werden. Erst die **Kombination aus neuen hochwertigen, dabei kostengünstigen und umweltverträglichen Materialien, Vorfertigung und dezentraler Produktion auf der Baustelle** wird hier durch automatisierungsgerechte Bautechnologien signifikante Verbesserungen erreichen. Dabei sollten speziell ungünstige Arbeitsbedingungen und Gefahren auf automatisierte Prozeßteile verlagert werden, etwa im Transport von Bauteilen auf der Baustelle. Logistik und Materialflüsse haben daher wesentliche Bedeutung.

Durch die **dezentrale Struktur** des angestrebten Vorgehens unterstützt diese Vorgehensweise speziell lokal oder regional arbeitende innovative Handwerksbetriebe oder kleinere Unternehmen. Diese erbringen einen wesentlichen Bestandteil der Arbeitsleistung am Bau. Damit ermöglicht die Orientierung an den begrenzten Investitionsmöglichkeiten dieser Unternehmen bei der Konzeption von Automaten, daß deren Einsatz ohne Änderungen der Unternehmensstruktur in der Bauindustrie möglich ist und damit mit verbesserter Akzeptanz gerechnet werden kann. Die analoge Umsetzung in großen Unternehmen und Ihren Profit Centern wird dadurch nicht ausgeschlossen.

Die Gesamtwirkung der Teilprojekte zielt daher auf

- Kosteneinsparung bei Planung und Erstellung
- qualitativ bessere und umweltfreundlichere Gebäude
- kürzere Planungs- und Fertigungszeiten,
- verbesserte Arbeitsbedingungen.

4 Durchführung

4.1 Zeitlicher Rahmen

Der Start des Sonderforschungsbereiches wird für den 1.1.1998 geplant. Als Zeitrahmen sind zwölf Jahre, d.h. eine Laufzeit bis zum 31.12.2009 vorgesehen. Eine zeitliche Strukturierung soll in Phasen zu je 3 Jahren erfolgen.

Die erste Phase (1998-2000) wird sich mit der Bearbeitung der wichtigsten Teilaspekte befassen, um das Gesamtsystem zu modellieren. Ein wesentlicher Punkt dieser ersten Phase wird die Festlegung definierter Schnittstellen zwischen den verschiedenen Teilaspekten sein. Dies setzt die Abstimmung zwischen den beteiligten Instituten fort, die bereits in der Antragsphase stattfindet. Ziel muß sein, daß inhaltlich verwandte Teilprojekte zu einander ergänzenden Lösungen finden. Forschungsaktivitäten zur Grundlagenbildung treffen zusätzlich Vorentscheidungen für die Umsetzung der Projekte der folgenden Phasen. Ziel ist, ein offenes Frühphasenmodell für die Integration zu schaffen und zu validieren. Dieses Modell muß die Möglichkeit bieten, daß neue Beteiligte jederzeit hinzugenommen werden. Damit ist ein Generalunternehmermodell als strukturelle Vorgabe ausgeschlossen.

Im weiteren Verlauf ist die Realisierung einer integrierten Lösung der nächste Schritt. Hier werden auf Basis der ersten Phase integrierbare Lösungen entwickelt und lokal optimiert. Der kombinierte Betrieb von Teilprojekt-Systemen soll Aufschluß über Entwicklungspotentiale des Gesamtsystems geben und mögliche Lücken in Modellierung oder Realisierung aufzeigen. Die Ergebnisse der bisherigen Teilprojekte werden anschließend als Gesamtsystem betrachtet und global evaluiert und optimiert. Hieraus können veränderte, spezialisierte Kooperationen der Beteiligten entstehen, um den Übergang zwischen den Teilsystemen zu verbessern oder auf neue, durch Leistungsumfang und Datenvolumen erst mögliche Anwendungen zu erweitern. Je nach Art und Eignung der Forschungsergebnisse können hieraus fallweise Industriekooperationen zur Produktentwicklung oder weiterführende Forschungsansätze entstehen. Die Kombination aus einem System auf bisher vermutlich unerreicht hohem Integrationsniveau und die bis dahin vergangenen neun Jahre seit Antragstellung mit ihrer Änderung des gesellschaftlichen und politischen Kontexts und technischen Umfelds bergen ein großes Potential an Neuerungen, so daß insbesondere in dieser Phase Praxiserfahrungen im Umgang mit den Forschungsergebnissen zu deren Bewertung gewonnen werden soll.

Für den Endzeitpunkt des Sonderforschungsbereiches wird ein System für "Virtuelles Bauen" angestrebt. Im Gegensatz zu den heute gängigen Begriffen wie "virtuelle Baustelle", die im wesentlichen die Visualisierung eines statisch festgelegten Prozesses leisten, soll das Virtuelle Bauen dies um die dynamische Veränderbarkeit und den gesamten Bauplanungs- und Projektkooperationsbereich erweitern. Der jeweilige Prozeßzustand kann simuliert und die Simulationsergebnisse zur Verbesserung des Prozesses und des Bauergebnisses in den Bauprozess zurückgeführt werden. Damit ist eine Optimierung des Bauprozesses vor Baubeginn möglich, wie es im Bereich der Serienfertigung heute bereits üblich ist.

4.2 Projektstruktur

Die für die erste Phase geplanten Teilprojekte gliedern sich in die Ebenen A (Projektkoordination), B (Bauplanung) und C (Fertigung und Betrieb). Folgende Teilprojekte sind vorgesehen und werden in den folgenden Abschnitten beschrieben:

A	Projektkoordination
A.1	Virtual Round Table Prof. Dr.-Ing R. Dillmann, Institut für Prozeßrechentechne und Robotik
A.2	Kostenreduktion durch Projektmanagement Prof. Dr.-Ing. M.S. Fritz Gehbauer, Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb
A.3	Integriertes Bebauungsplan- und Genehmigungsverfahren Prof. Dr.-Ing. Werner Köhl, Institut für Städtebau und Landesplanung
A.4	Optimierte Bauplanung durch Zwei-Ebenen-Prozeßmodellierung Prof. Dr.-Ing. Hans Grabowski, Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion Prof. Dr. ès. sc. techn. Niklaus Kohler, Institut für Industrielle Bauproduktion
B	Gebäudeplanung
B.1	Computerintegrierte Bausystematiken in Planung und Konstruktion Prof. Dr. ès. sc. techn. Niklaus Kohler, Institut für Industrielle Bauproduktion
B.2	Qualitätssicherung durch integrierte Energiediagnose Prof. Andreas Wagner, Lehrbereich Technischer Ausbau
B.3	Aufbau eines Archivs von Lösungsmustern Prof. Dr.-Ing. Hans Grabowski, Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion
B.4	Simulation von automatisierter Ausführung Prof. Dr.-Ing Wörn, Institut für Prozeßrechentechne und Robotik
C	Fertigung und Betrieb
C.1	Steuerung von Ausführungsplanungs- und Fertigungsprozessen Prof. Dr.-Ing. M.S. Fritz Gehbauer, Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb
C.2	Automatisierte Systeme in der Logistik Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik
C.3	Prognose der Dauerhaftigkeit und des Instandhaltungsaufwands Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie
C.4	Charakterisierung des Rückbaus / Recyclings von Gebäuden Prof. Dr. rer. nat. Otto Rentz, Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung
C.5	Holzbautechnologie + Bauelementbau Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Blaß, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik

Tabelle 1. Teilprojekte in der ersten Projektphase (1998-2000).

4.3 Projektverknüpfung

Die Zusammenarbeit der Teilprojekte des geplanten SFB wird über die Leitprojekte A.1, B.1 und C.1 koordiniert, die die Kompatibilität der Lösungen innerhalb ihres Bereiches und zu den anderen Leitprojekten sicherstellen. Diese Verknüpfung stellt die Integration der Handlungsebenen sicher. Teilprojekte können je nach Projektausprägung eigenständige Verbindungen zu bereichsfremden Leitprojekten definieren.

Soweit dies sinnvoll erscheint, können Teilprojekte ebenso direkt mit anderen Teilprojekten zusammenarbeiten. Abbildung 5 zeigt die direkten Verbindungen der Teilprojekte zu Teilprojekten desselben Bereichs. Diese sind:

- A.2 - A.3: Modellierung der behördlichen Verfahren und Bewertung im Bauprozeß
- A.3 - A.4: Berücksichtigung der Anforderungen von A.3 an Prozeßmuster
- B.3 - B.4: Die im Archiv von B.3 abgebildeten Lösungen müssen die Anforderungen der Simulation des Teilprojektes B.4 berücksichtigen.
- C.2 - C.4: Logistik des Rückbaus
- C.2 - C.5: Anforderungen der Verwendung von Holzbauteilen zur Gebäudeerstellung an die Materialbereitstellung und somit an die Baustellenstruktur.
- C.3 - C.5: Exemplarische Berücksichtigung des Holzbaus.
- C.4 - C.5: Exemplarische Berücksichtigung des Holzbaus.

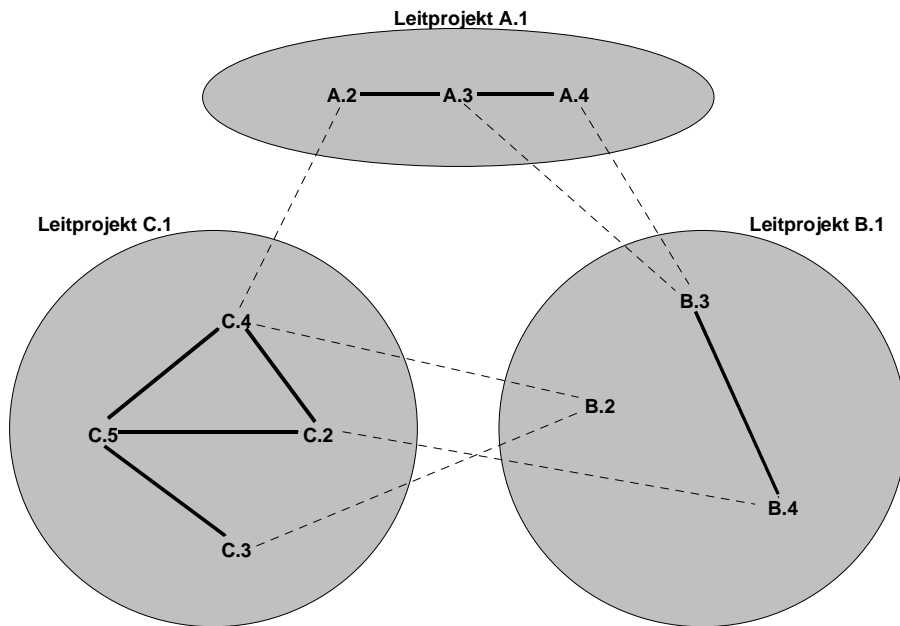


Abbildung 5. Verknüpfung der Teilprojekte innerhalb der Bereiche.

Abbildung 6 hebt die Verbindungen zwischen Teilprojekten verschiedener Bereiche hervor. Diese leisten einen eigenständigen Integrationsbeitrag. Diese Verbindungen beruhen auf den folgenden Sachverhalten:

- A.2 - C.4: Einbeziehung des Rückbaus in das Prozeßmodell für den Baulebenszyklus
- A.3 - B.3: Verbindung von Lösungsmustern (statisch) und Prozeßmustern (dynamisch).
- A.4 - B.3: Verbindung von Lösungsmustern (statisch) und Prozeßmustern (dynamisch).
- B.2 - C.3: Unterstützung bei der Bewertung der Eignung von Fertigungstechnologien unter Berücksichtigung der Baustellenstrukturen.
- B.2 - C.4: Unterstützung bei der Bewertung der Eignung von Fertigungstechnologien unter Berücksichtigung der Baustellenstrukturen.
- B.4 - C.2: Unterstützung bei der Bewertung der Eignung von Fertigungstechnologien unter Berücksichtigung der Baustellenstrukturen.

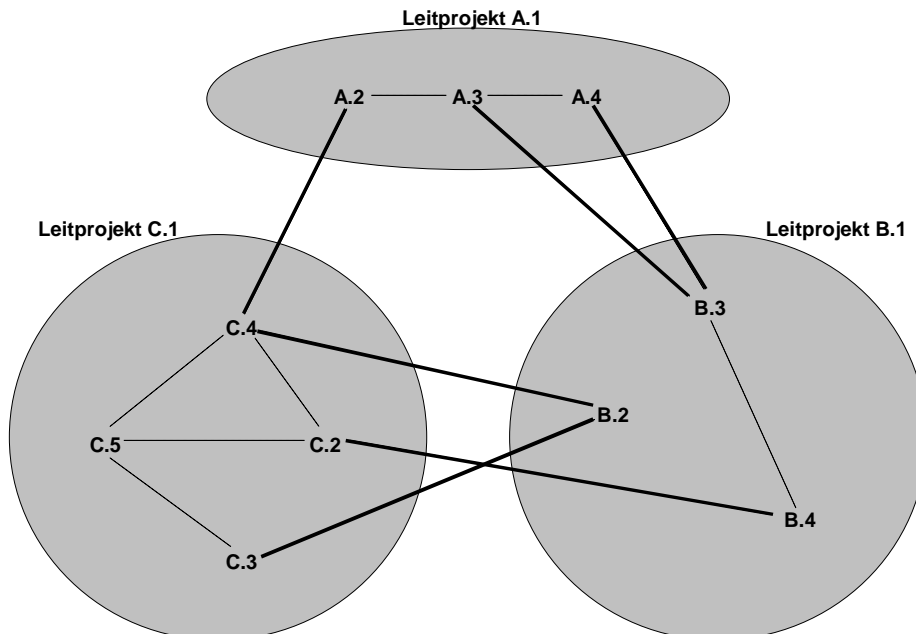


Abbildung 6. Verknüpfung der Teilprojekte verschiedener Bereiche.

Für den weiteren SFB-Verlauf sind bereits Konzepte für Projekte anderer Bautechnologien (Stahl, Beton) in Vorbereitung, um die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

4.4 Geschätzte Mittelzuwendung

Für die erste Phase (1998-2000) ergibt sich ein voraussichtlicher Mittelbedarf gemäß Tabelle 2. Wegen der zu erwartenden Kontinuität der Forschungsaktivitäten wird dies in etwa auch der Rahmen für die folgenden Phasen sein.

Faktor [DM]	Personalkosten p. a.			Stud. Hilfskraft	Sachmittel p. a.		Investitionsmittel
	BAT Ia	BAT IIa	BAT Va		Sachmittel	Reisekosten	
	115.200,00	99.600,00	70.800,00	19.200,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Projektleitung	1		0,5		3		
A.1		2		1	5	3	100
A.2		1		0,5	2	15	15
A.3		1		0,5	2	3	30
A.4		2		1	5	4	35
B.1		2		1	4	3	20
B.2		1		3	1	1	150
B.3		1		0,5	3	2	35
B.4		1		1	2	3	100
C.1		2		1	3	2	20
C.2		1		2	1	4	0
C.3		1		0	0	0	0
C.4		1		1	4	3	20
C.5		2	1	2,5	10	9	60
Einzelsummen	115.200,00	1.792.800,00	106.200,00	288.000,00	45.000,00	52.000,00	585.000,00
pro Jahr				2.302.200,00		97.000,00	
pro 3 Jahre				6.906.600,00		291.000,00	585.000,00
Gesamtsumme							7.782.600,00

Tabelle 2. Voraussichtlicher Mittelbedarf in der ersten Projektphase (1998-2000).

5 Teilprojekte

5.1 Ebene A: Projektkoordination

5.1.1 Projekt A.1: Virtual Round Table

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Dillmann
Institut für Prozeßrechentechnik und Robotik
Fakultät für Informatik

Wissenschaftliche Fragestellung und methodischer Ansatz

Die Aufgabe der Koordination der verschiedenen Planungsphasen eines Bauvorhabens fällt dem Leitprojekt A.1 Virtual Round Table (VRT) zu. In diesen Planungsphasen tragen verschiedene menschliche Experten mit ihrem Wissen zur Gestaltung und Entscheidungsfindung bei. Dabei wird in unterschiedlichen Dimensionen, den sog. Entwurfsräumen geplant. Das sind zum Beispiel der 3D-Raum, die Zeit, verschiedene Ressourcen oder Finanzen. Der klassische Ansatz in der multimedialen Bürokommunikation beruht auf der Technik der Telekonferenz. Allerdings besteht der Datenaustausch während einer solchen Telekonferenz heutzutage lediglich aus der verbalen Kommunikation und dem skizzenhaften Entwurf bzw. Korrektur von Vorlagen. Ein weiterer Datenaustausch oder das gemeinsame Entwerfen (Concurrent Engineering) ist zur Zeit noch nicht realisiert. Ein anderer Nachteil von Telekonferenzen ist die zeitgleiche Verfügbarkeit aller Partner unabhängig von der aktuellen Tageszeit.

Besonders im Bereich des Städtebaus und der Bauplanung liegt eine enge Verzahnung mit den Genehmigungsverfahren der Baubehörde vor. Dies führt zu großen Verzögerungen in der Vor- und Hauptplanungsphase. Aus diesem Grund liegt hier ein enormes Potential zur Verkürzung der Entwicklungszeit durch eine bessere Kooperation und Kommunikation zwischen den einzelnen Projektbeteiligten. Insbesondere können in dieser Planungsphase Auflagen, Restriktionen und Gestaltungsrichtlinien die einzelnen Dimension des Entwurfsraumes beeinflussen.

Der Virtual Round Table soll die Planer in die Lage versetzen, gemeinsam an einem Entwurf Entwicklungen durchzuführen ohne dabei örtlich oder zeitlich auf andere Personen angewiesen zu sein. Es muß jedoch eine Kooperation möglich sein, so daß die Entscheidungsschritte von allen Beteiligten nachvollzogen werden können.

Deshalb verfolgt dieses Projekt 3 Ziele:

- Entwicklung eines generischen Datenmodells, welches die Arbeiten unterschiedlicher Planer an gemeinsamen Datensätzen bzw. Entwurfsdetails unterstützt, ohne daß eine zeitgleich simultane und räumlich konzentrierte Zusammenarbeit notwendig ist. Damit können Kooperationen zwischen Personen aus verschiedenen Zeitzonen und unterschiedlichen Arbeitsbereichen realisiert werden. Basierend auf diesem Datenmodell sollen Werkzeuge den Planern auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen und Sichten in Form eines virtuellen gemeinsamen Arbeitsplatzes zur Verfügung stehen.
- Modulare Strukturierung der Datensätze zur Reduktion ihrer Komplexität. Es muß sowohl ein globaler Gesamteindruck, als auch die Herausarbeitung eines Details auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen möglich sein. Im Bereich des Städtebaus und der Bauplanung ist das

homogene Einbinden eines Gebäudes in die Umgebung ebenso wichtig, wie die Umsetzung von speziellen Auflagen des Gesetzgebers. Ein wichtiger Aspekt bei der Strukturierung der Daten ist ihre Bindung an dedizierte Entwurfsräume, sodaß eine eindeutige Zuordnung zu dem jeweiligen Planungsexperten oder zu einem Planungsteam erfolgen kann.

- Protokollierung und Visualisierung der einzelnen Entscheidungen und Entwicklungsschritte der Planung als Planungsprozeß. Dies soll die Historie des Entwurfs, des Entstehens von Gestaltungsdetails, die Modifikation der Randbedingungen sowie der Entwurfsräume beinhalten. Das Planen und Entwickeln im Baubereich ist kein linearer, sondern ein stark verrauschter Prozeß. Dies hat zur Ursache, daß häufig Entscheidungen, Randbedingungen und Gestaltungsdetails widerrufen oder modifiziert werden. Dieser Prozeß soll mit Hilfe der oben genannten Planungsprotokolle analysiert und bewertet werden, sodaß eine Optimierung des Planungsprozesses mit zunehmender Planungserfahrung möglich wird. Hierzu bieten sich Lernverfahren an. Fernziel ist eine rechnergestützte optimierte Planung, die für bestimmte Klassen von Bauvorhaben Planungsschemata zur Verfügung stellen.

Stand der Forschung

Die auf dem Markt befindlichen Konferenzsysteme gewähren lediglich Verbindungen zwischen Systemen des gleichen Herstellers auf gleichen Plattformen. Hierbei ist meist nur eine Audio-/Videoverbindung sichergestellt. Der Dokumentenaustausch findet in der Regel passiv nur auf der Zeichenebene statt. Die Kommunikationskanäle beschränken sich ergo auf Sprache, Bilder und Skizzen. Hier ist es sehr sinnvoll, sich von der Vorstellung der reinen Bildübertragung zu lösen und sich auf den Dokumentenaustausch zu konzentrieren. Selbst die auf diesem Gebiet arbeitende "Groupware" aus dem Bereich des "Computer-Supported Cooperative Work" (CSCW) stellt nach 15 Jahren die in sie gestellten Erwartungen nicht zufrieden, sondern bietet lediglich eine Art Datenbank mit Zugriffs- und Versionskontrolle [GMD 1995]. Aktive Unterstützung im Sinne einer effizienten Planung liefern solche Systeme nicht. Es wird lediglich versucht, die Kommunikation Mensch↔Mensch durch Mensch↔Computer↔Mensch zu ersetzen, um die Möglichkeiten des verteilten Arbeitens nutzen zu können.

Planungsunterstützende Systeme, wie im sogenannten "Concurrent Engineering", gehen von festen Planungsschemata aus. Bei der Durchführung von nichtlinearen und stark verrauschten Planungsprozessen, wie sie häufig im Bauwesen auftreten, können die heutigen planungsunterstützenden Systeme daher nicht ohne weiteres übernommen werden. Die verfügbaren Datenbanksysteme zur Unterstützung von Entwurfsprozessen haben bei sich häufig ändernden Entwurfsbedingungen Konsistenzprobleme und können daher keine aktive Unterstützung liefern.

Ein virtueller Arbeitstisch, an dem mehrere Planer kompetent kooperieren, Informationen austauschen und Entscheidungen fällen sowie gemeinsam auf Dokumenten arbeiten, existiert derzeit ebenfalls nicht. Die bisherigen Systeme erlauben es den Benutzern lediglich, lokal zu arbeiten und danach ihre Ergebnisse den Partnern zur Diskussion zu stellen.

Die Antragsteller sind der Meinung, daß die Basistechniken zur Kommunikation (Netze und Kommunikationsprotokolle sowie Multimediatechniken) bereits vorhanden sind. Die weitere Forschung hat danach zu trachten, daß diese Techniken zur Zusammenarbeit, anstatt wie bisher, zur Synchronisation eingesetzt werden.

Vorarbeiten

Im Rahmen eines Verbundprojekts wurde ein Ansatz zur Realisierung einer Informationslogistik erarbeitet [Rude et al. 1996]. Dabei stand der Austausch von multimedialen Planungsdaten eines Bauvorhabens im Vordergrund.

Im Rahmen einer Studie wurden Einsatzmöglichkeiten für multimediale Arbeitsstationen für Planungsteams unterschiedlicher Größe auf der Basis von derzeit verfügbaren Netzen untersucht [Berns et al. 1996].

In dem BRITE/EURAM Projekt AMBITE wurden Werkzeuge entwickelt, die die Bewertung von komplexen Planungsprozessen sowie der dabei entstehenden Zwischenergebnisse erlauben [Browne et al. 1996]. Bewertet wurde die Fertigungsplanung und die Fertigung von Computern auf der Basis unterschiedlicher Technologien und Fertigungsverfahren.

Lernverfahren im Kontext der kooperierenden Planung wurden im Rahmen mehrerer Diplomarbeiten untersucht [Hauser 1992, Rogalla 1996, Tu 1994].

Literatur

- Berns et al. 1996
Berns, K.; Deck, M.; Maybaum, F.; Mynch, S.; Schauder, H.: *Studie über den Einsatz von Multimedia und Videokonferenzen in mittelständischen Unternehmen*, Forschungszentrum Informatik, Universität Karlsruhe, Januar 1996
- Browne et al. 1996
Browne, J.; Dillmann, R.; Sackett, P.: *Final Report of the AMBITE Project*, Galway, Juni 1996
- GMD 1995
BSCW: Zusammenarbeit im World-Wide Web; GMD Spiegel, September 1995
- Hauser 1992
Hauser, M.: *Entwurf und Implementierung eines Verfahrens zum Lernen von Roboteraktionsplänen*, Diplomarbeit, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, August 1992
- Rogalla 1996
Rogalla, O.: *Lernen in Multiagentensystemen*, Diplomarbeit, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, Oktober 1996
- Rude et al. 1996
Rude, S.; Blodau, G.; Lanza, M.; Müller, C.; Schauder, H.; Schreiner, P.; Weingärtner, T.; Weingartner, H.; Ziegler, P.: *Unternehmens- und branchenübergreifende Informationslogistik für die Produktentwicklung in der Investitionsgüterindustrie: Erster Projektbericht*, Universität Karlsruhe, Januar 1996
- Tu 1994
Tu, N. L.: *Ausführen und Lernen in einem reaktiven Planer*, Diplomarbeit, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, Mai 1994

5.1.2 Projekt A.2: Kostenreduktion durch Projektmanagement

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. M.S. Fritz Gehbauer
Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen

Wissenschaftliche Fragestellung

Zentrale Fragestellung ist, auf welche Art und Weise Methoden des Projektmanagements bestmöglich zur integrierten Gebäudeplanung und -fertigung beitragen können und sich somit eine Kostenreduktion realisieren läßt. Um sich dieser Frage zu nähern, müssen weitere Fragen untersucht werden, die in diesem Zusammenhang von Bedeutung sind. Wie hoch ist das Einsparungspotential, welches durch Projektmanagement erzielt werden kann? Kann mit einer ausreichenden Akzeptanz für neue Formen der Kooperation unter den vielen am Bauprozeß Beteiligten gerechnet werden, oder müssen auf diesem Gebiet noch Aufklärungsarbeit oder zusätzliche animierende Rahmenbedingungen geschaffen bzw. geleistet werden? Inwiefern müssen spezielle Anforderungen der öffentlichen Hand in den Untersuchungen über die integrierte Gebäudeplanung und -fertigung berücksichtigt werden? Dieses Teilprojekt beschäftigt sich also neben der Frage danach wie effektives Projektmanagement ausgeübt werden muß, um größtmögliche Kostenreduktion zu erzielen, auch mit Fragen der Umsetzbarkeit von integralen Planungs- und Fertigungskonzepten in der Praxis. Die Bedeutung und Wirkung aller Randbedingungen und spezifischen Anforderungen des gesamten Prozesses – planen, bauen, nutzen – muß in die Forschungsarbeiten einfließen, um eine praktikable Lösung zu erhalten.

Methodischer Ansatz

Innerhalb des Teilprojektes soll untersucht werden inwieweit die traditionellen Werkzeuge des Baumanagements auf ein ganzheitliches Projektmanagement im Rahmen der integrierten Unikaterstellung übertragen werden können, um Reibungsverluste während des Gesamtprozesses zu minimieren, und so die Kosten zu reduzieren. Inwiefern kann z.B. das Schnittstellenmanagement, das der Projektleiter bereits heute während der Bauausführung praktiziert, auf den Planungs- und Nutzungszeitraum ausdehnt werden, und welcher finanzielle Nutzen entsteht dabei? Dabei muß allerdings darauf geachtet werden, daß es nicht zu mehreren voneinander unabhängigen Managementstufen kommt, die wiederum Schnittstellen benötigen, an denen Informationen verloren gehen, oder es aus anderen Gründen zu Verlusten kommt. Darüber hinaus müssen neue Kostenmodelle, Kalkulationsverfahren und Entscheidungshilfen zur Planungsbewertung auf ihre Tauglichkeit untersucht bzw. entwickelt, und über den ganzen Lebenszyklus hinweg implementiert werden. Um zu berücksichtigen, daß die gefundenen Lösungen auch Einzug in die Praxis der am Bau Beteiligten finden müssen, muß unter anderem auch durch Befragungen der Grad der Bereitschaft zur interdisziplinären Kooperation untersucht werden. Innerhalb dieser Untersuchung muß bei den am Bau Beteiligten darauf geachtet werden wo die Schwachstellen liegen, um durch Hinweis auf Verbesserungspotential die Aufgeschlossenheit für Neuerungen zu vergrößern. Dazu ist es u.a. notwendig zu wissen welches Potential zur Kosteneinsparung ungenutzt bleibt. Dieses Wissen muß durch vergleichende Betrachtung der Durchführung verschiedener Bauprojekte und auch durch theoretische Überlegungen und Modellbildungen gewonnen werden. Besonderes Augenmerk muß auch auf den Bereich "Bauen für die öffentliche Hand" gelegt werden. Einerseits ist die öffentliche Hand ein großer Auftraggeber der Bauindustrie, andererseits sind die Gestaltungsmöglichkeiten für das Projektmanagement in diesem Sektor stark begrenzt. Hier ist wiederum zu untersuchen, inwieweit die erarbeiteten integrierten Lösungen für den Bereich des öffentlichen Bauens modifiziert werden müssen. Dazu müssen einerseits die rechtlichen Beschränkungen und andererseits die emotionalen Hemmnisse der Mitarbeiter erfaßt, und Lösungsvorschläge zur Überwindung aktueller Beschränkungen erarbeitet werden.

Stand der Forschung

Über das Projektmanagement und teilweise auch über seinen kostenreduzierenden Einfluß sind vielfältige Veröffentlichungen verfügbar. Allerdings beschränken sie sich größtenteils auf eine eher stückwerksweise zu nennende Betrachtung einzelner Schritte des Planungs-, Bau- oder Nutzungsprozesses (Sommer 1994; Motzel 1993; Rösch 1994), oder die Untersuchung spezieller Auftraggeber (Gaddis 1994). Ganzheitliche Betrachtungen eines Projektes über den gesamten Lebenszyklus hinweg, und die Möglichkeiten zur Kostenreduzierung durch ein steuerndes Projektmanagement sind hingegen bisher nicht in ausreichendem Maße angestellt worden. Zwar wird an der ETH Zürich am Zentrum für Integrierte Planung im Bauwesen an der integrierten Planung aller am Bauprozess Beteiligten gearbeitet, allerdings wird dabei der ganzheitliche, auf den gesamten Lebenszyklus bezogene, Ansatz nicht ausreichend berücksichtigt. In diesem Zusammenhang ist eine Arbeit über die Kommunikation im Bauprozess interessant (Wiedemann 1995). Wiedemann erstellt ein Kommunikationsmodell, das sich auf eine semantische Vereinheitlichung konzentriert. Die Frage nach der Akzeptanz einer solchen Vereinheitlichung wird jedoch nicht weitergehend behandelt. Dennoch könnte hier, nach einer Überprüfung der Übertragbarkeit, ein Ansatzpunkt für die geplante Forschung über das Projektmanagement in der integrierten Planung und Fertigung liegen.

Vorarbeiten

Im Bereich des Projektmanagements sind am Institut bereits einige Forschungsarbeiten durchgeführt worden. Diese betrafen sowohl die Grundprinzipien des Baumanagements [Ge1994] als auch spezielle Gebiete im Bereich Bauen [Ge1991a;Ge1991b].

- Ge1991a: Gehbauer, F.: Informationsmanagement für das maschinenintensive Bauen, BMT, April 1991
Ge1991b: Gehbauer, F.: Integration von Planung und Ausführung durch CAD, Wissenschaftliche Berichte der Hochschule Leipzig, Heft 4, 1991, 9. Int. Kongreß für industrielles Bauen
Ge1994: Gehbauer, F. (Mitverfasser): The Principles of Construction Management, Technischer Verlag, Tokyo, Japan, 1994
- Meysenburg, C. Kostenplanung in der Projektentwicklung auf der Grundlage von Kostenermittlungsverfahren, Diplomarbeit am IMB 1996
Wieland, A. Projektmanagement, technische Baubetreuung und Projektsteuerung von Bauprojekten, Diplomarbeit am IMB 1996
Euchenhofer, S. Möglichkeiten der Projektsteuerung mit einem Projektmanagementprogramm, aufgezeigt am Beispiel eines Rohbauvorhabens, Diplomarbeit am IMB 1995
Müller, S. Evaluation unterschiedlicher Methoden der Baukostengliederung und -ermittlung für die Kostensteuerung und -kontrolle am Beispiel eines Großprojektes, Diplomarbeit am IMB 1995
Krüger, U. Das Berufsbild des Projektsteuerers in der Bauwirtschaft, Vertieferarbeit am IMB 1996
Schmid, N. Integrale Planung als Lösung für gewandelte Anforderungen auf dem Immobilienmarkt, Diplomarbeit am IMB 1996
Schweitzer, R. Die Möglichkeiten der Kostenplanung und Kostensteuerung in der Projektentwicklung, Diplomarbeit am IMB 1996
Weber, T. Controllingmöglichkeiten in den verschiedenen Phasen der Projektentwicklung, Vertieferarbeit am IMB 1996
Reichle, M. Prozeßkostenplanung, Diplomarbeit am IMB 1996
Schoenberger, K. Integriertes Projektmanagement: Modellierung einer Schnittstelle zwischen den Werkzeugen des Projektmanagements im Bauwesen

Literatur

- Gaddis, S. Kostensteigerung bei öffentlichen Bauvorhaben. Dissertation Universität Göttingen 1994. Europäische Hochschulschriften / 05
Motzel, E. Projektmanagement in der Baupraxis. Ernst Verlag, Berlin, 1993
Rösch, W. Bau-Projektmanagement. R. Müller Verlag, Köln 1994
Sommer, H. Projektmanagement im Hochbau. Springer Verlag, Berlin 1994
Wiedemann, S. Kommunikation im Bauprozess. Dissertation ETH Zürich 1995

5.1.3 Projekt A.3: Integriertes Bebauungsplan- und Genehmigungsverfahren

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Werner Köhl
Institut für Städtebau und Landesplanung
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen

Wissenschaftliche Fragestellung

Planung als informationsverarbeitender Prozeß bedarf insbesondere in den Kommunen des Zusammenwirkens einer Vielzahl von Akteuren. Neben den 10 bis 15 Fachbereichen in der Verwaltung, den gemeinderätlichen Gremien (Planungs-, Umwelt- und Bauausschuß) und den Bürgern (vorgezogene sowie formelle Bürgerbeteiligung) sind bisher etwa 50 Träger öffentlicher Belange regelmäßig an Bebauungsplanverfahren beteiligt. Nur die eigentlichen Adressaten der Bebauungsplanung, die privaten Bauherinnen und Bauherren jeglicher Art sind in der Regel an diesem Verfahren nicht beteiligt. Der Vorentwurf reagiert auf einen idealtypischen Bebauungsplan, worauf nicht zuletzt zurückzuführen ist, daß lediglich 25 % der Baugenehmigungen ohne Befreiungen erteilt werden. Der traditionelle Planungsablauf ist durch sequentielle Abläufe gekennzeichnet, die durch die Trennung von staatlichen und privatwirtschaftlichen Aufgaben gekennzeichnet sind. Die Schnittstellen zwischen den Akteuren sind vom Planungsrecht fixiert und nicht auf eine kooperative Problemlösung ausgerichtet.

Neue Rahmenbedingungen im Städtebau (z.B. Vorhaben- und Erschließungsplan, neue LBOs, laufende Novellierung des BauGB) eröffnen die Möglichkeit neuer Kooperationsformen zwischen staatlicher und privater Planung. Die virtuelle Baustelle einschließlich der erforderlichen Informationslogistik greift folglich schon früh in den Planungsprozeß ein. Der Vorhabenträger wird nicht nur stärker in die Mitverantwortung gezogen, er wird auch bereits bei der Aufstellung des Bebauungsplanes in den Gesamtplanungsprozeß mit einbezogen. Bebauungspläne werden nicht mehr 'auf Vorrat' für anonyme typisierte Vorhaben, sondern in der Regel konkret vorhabenbezogen aufgestellt. Ändert der Vorhabenträger bei projektbezogenen Verfahren Grundzüge seines Vorentwurfes, kommt er somit gleichzeitig in Konflikt mit der von ihm selbst aufgestellten städtebaulichen Planung. Voraussetzung für diese 'Simultanplanung' ist eine Änderung des Entscheidungsvorganges bei allen Beteiligten von der Verwaltung, den gemeinderätlichen Gremien, den Trägern öffentlicher Belange, der beteiligten Öffentlichkeit bis hin zum Vorhabenträger.

Einige Bundesländer, wie z.B. Baden-Württemberg, haben weiterhin das Baugenehmigungsverfahren quasi 'privatisiert' und ein Kenntnisgabeverfahren, zunächst probeweise, eingeführt. Die Planvorlageberechtigten zögern aber, die neue Verantwortung zu übernehmen. Sie erfordert, neben eingehenden und anhand der Rechtsprechung ständig aktualisierten Kenntnissen des Bauplanungs und Bauordnungsrechts, auch die Kenntnis der dem Bebauungsplan zugrundeliegenden Überlegungen, ohne die eine zutreffende Interpretation nicht möglich ist. Dies war bisher quasi automatisch gegeben, da Planinterpret und Planaufsteller in Form der Bauverwaltung identisch waren. Weicht das geplante Vorhaben vom Bebauungsplan ab, ist eine Befreiung durch das Bauordnungsamt in Verbindung mit dem Gemeinderat, in Ausnahmefällen aber auch eine Bebauungsplanänderung im Vollverfahren erforderlich. Diese kann auch eine Änderung des Flächennutzungsplanes (der bei nicht wenigen Kommunen Angelegenheit eines formellen Nachbarschaftsverbandes aus mehreren Gemeinden mit eigener Entscheidungskompetenz ist), in einzelnen Fällen auch eine Änderung des Regionalplanes erforderlich machen¹. Das neu einzuführende integrierte Planaufstellungs- und Baugenehmigungsverfahren würde das eingeführte Kenntnisgabeverfahren erst voll wirksam machen, da dann wieder Planersteller und Planinterpret identisch wären.

Eine integrierte Unikatplanung, die das Ziel der Qualitätssicherung verfolgt, muß deshalb beide Verfahren und die mit ihnen verbundenen Rechtsfragen berücksichtigen. Da eine staatliche Prüfung entfällt, muß der Vorhabenträger zu jeder Zeit des Baufortschritts nachweisen können, daß sein

¹ So kürzlich in Karlsruhe geschehen (Bauvorhaben L'Oreal in Karlsruhe-Hagsfeld)

Vorhaben den Vorgaben der Landesbauordnung und des Bebauungsplans entspricht. Dieser Nachweis muß stichhaltig sein und schnell erfolgen können. Ist dies nicht möglich, werden sich für den Vorhabenträger erhebliche finanzielle und zeitlich nachteilige Folgen einstellen. In einem rechtssicheren Bauablauf liegen deshalb ebenfalls Einsparungspotentiale aus vermiedener Verzögerung infolge von Nachbarrechtseinsprüchen, vermeidbaren Baueinstellungen, Bauschäden und nachträglichen Änderungen infolge Anpassungsaufgaben.

Methodischer Ansatz

Neue Formen der Planungs- und Informationslogistik können, zusammen mit den beschriebenen verfahrensrechtlichen Voraussetzungen, einen Beitrag zu der geforderten und erforderlichen Flexibilisierung der Planung leisten und einen Teil der planungsimmanenten Unsicherheit auffangen. Planungsmanagement und Entwurf müssen auf neue Informationsformen und neue rechtliche Rahmenbedingungen reagieren. Städtebauliche Planung und Elemente der Vorhabengenehmigung sind in das Projektmanagement zu integrieren, was zu einer erheblichen Komplexitätssteigerung und höheren Verantwortung führt.

Systeme, die diesen Gesamtkomplex unterstützen, existieren derzeit nicht. Eine Entwicklung bedarf der Identifizierung einzelner planungs- und entscheidungsrelevanter Teilsysteme einschließlich der vorhandenen und notwendigen Informationsflüsse. Hierzu muß eine bislang nicht vorhandene logische Systematisierung der Komponenten und Abläufe erfolgen, um die Anwendungsvoraussetzungen für neue Informationstechniken zu schaffen. Neben dem generellen Problem der Unikatfertigung, die ständig wechselnde Rahmenbedingungen zu beachten hat, müssen politische Aspekte bei der Genehmigung beachtet werden.

Innerhalb des Planungsablaufes sind Teilkomponenten zu identifizieren, die sich (1) über Musterprozesse formalisieren lassen und solche die (2) aufgrund der sich ständig ändernden Rahmenbedingungen einer offenen Modellierung bedürfen. Informationen und Beteiligte müssen 'ad-hoc' zusammengeführt werden. Das System beinhaltet für jede Planungsphasen die folgenden Arbeitsschritte:

1. Materielle und personelle Organisation einschließlich Kommunikationsstruktur der Phasenbearbeitung
2. Unterstützung bei der Phasenbearbeitung
3. Speicherung der Phasenergebnisse einschließlich des Abgleichs

Zusätzlich zu den drei Punkten kommt bei der Modellierung der frühzeitigen Erkennung von Fehlern sowie die Bewertung des bisherigen Projektablaufes eine besondere Bedeutung zu.

Entsprechend dem oben dargestellten vernetzten Planungsablauf ist auch auf der informationstechnischen Seite zumindest projektbezogen ein geschlossener Regelkreislauf aufzustellen. Der Entscheidungsablauf kann zurückverfolgt werden und als Input wissensbasierter oder lernender Systeme dienen.

Stand der Forschung

Zur Vorbereitung der inzwischen erfolgten Novellierungen der Landesbauordnungen sind in allen Bundesländern umfangreiche Erhebungen des Baugenehmigungsverfahrens erfolgt. Dabei ist jedoch die Seite der Bebauungsplanaufstellung vollständig ausgeklammert worden.

Auf der anderen Seite sind die modernen Verfahren der technischen Bebauungsplanaufstellung mittels CAD weit ausgereift. Die Verknüpfung mit der Umweltplanung (Grünordnungsplan, Ausgleichsmaßnahmen nach bisher § 8a bis 8e BNatSchG) steht noch aus, ebenso die interaktive Verknüpfung mit der in praktisch jedem Bebauungsplanverfahren erforderlichen Umlegung zur Herstellung von nach Größe und Zuschnitt zur Bebauung geeigneten Grundstücken sowie zur Gewinnung der für die Erschließung und die Gemeinbedarfsanlagen erforderlichen Flächen.

Vorarbeiten

Im ISL liegen umfangreiche praktische Erfahrungen in der Regionalplanung, mit der Aufstellung von Flächennutzungsplänen und Bebauungsplänen, im Umgang mit gemeinderätlichen Gremien, mit den Bürgern, mit Investoren sowie in der Baugenehmigung vor (Institutsleiter war Baudezernent). Zudem ist die Investorensseite durch eigene praktische Erfahrungen bekannt (umfangreiche Praxis in der Industrieplanung, Geschäftsführung einer Wohnungsbaugesellschaft sowie einer Gesellschaft für Stadtsanierung und Erschließung). Theoretische Arbeiten liegen vor zu komplexen Planungs- und Genehmigungsverfahren, zur Erstellung von Bauleitplänen mittels CAD und dem Umgang mit GIS. Im Vorfeld der Novellierung der Landesbauordnung war das Institut mit eigenen Veranstaltungen beteiligt. Es hat sich in die Novellierung des Raumordnungsverfahrens im Vorfeld von Planfeststellungsverfahren zur komplexen Vorhabengenehmigung) mit eigenen theoretischen Arbeiten eingeschaltet.

Literatur

- Beiträge zum neuen Baugesetzbuch, hrsg. von Werner Köhl. - Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. 114 S. (= Reihe Seminarberichte 1984) ISBN 3-89157-041-4
- Heberling, G., 1990: CAD-Einsatz in der räumlichen Planung mit Beispielen aus Niger, Burundi und Deutschland. In: Vermessungswesen und Raumordnung, Jg. 52, Heft 1, S. 31-42
- Hochstrate, K. 1986: Interaktives lösungsraumorientiertes Entscheidungsverfahren für Infrastrukturinvestitionen. - Karlsruhe: Instituts für Städtebau und Landesplanung. 157 S. (= Schriftenreihe Heft 19) ISBN 3-89157-052-1
- Integration der Verkehrsplanung in die Raumplanung, hrsg. von Werner Köhl - Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. 148 S. (= Reihe Seminarberichte 1992) ISBN 3-89157-84-8
- Köhl, W. 1995: Raumordnungspolitische Anforderungen an eine integrierte Verkehrsplanung Gestaltung. In: Technikfolgenforschung in Baden-Württemberg. Dokumentation 1995; Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart (Hrsg.); Stuttgart: Eigenverlag, 1 S.
- Köhl, W. 1995: Von Beanstandungen und Befürchtungen zu Überzeugungen und Hoffnungen: Die schwierige Entscheidung über Planungen. In: Vermessungswesen und Raumordnung; Jg. 56, Heft 7+8, S. 353-386
- Köhl, W. und Ortgiese, M. 1994: Raumordnungsverfahren mit integrierter Umweltverträglichkeitsprüfung. - Karlsruhe Instituts für Städtebau und Landesplanung. 99 S. (= Schriftenreihe Heft 25) ISBN 3-89157-087-2
- Köhl, W., Ingenthron, G. und Nestmann, E. 1985: Raumordnungsverfahren. Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. 42 S. (=Reihe Arbeitsberichte) ISBN 3-89157-044-9
- Köhl, W.; Görtz, W. und Lang, D. 1987: Koordination der Bebauungs- und Gebäudeplanung. Forschungsprojekt, gefördert vom Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Karlsruhe: Eigenverlag, 113 S.
- Kommunale Planungspraxis, hrsg. von Gadso Lammers. - Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. 190 S. (=Reihe Seminarberichte 1978). ISBN 3-89157-018-1
- Maier, R. 1983: Die Bewertung von Kompromißalternativen in Entscheidungsverfahren. - Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. 65 S. (= Überarbeitete Fassung einer Vertiefearbeit)
- Management in Großverfahren der Infrastrukturplanung, hrsg. von Werner Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. - Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. 200 S. (= Reihe Seminarberichte 1990) ISBN 3-89157-077-5
- Maurer, F. und Pews, G. 1996: Flexibles Workflowmanagement für Entwurfsprozesse am Beispiel der Bebauungsplanung: In: Ruland, D (Hrsg.): Proceedings CAD '96 - Verteilte und intelligente CAD - Systeme
- Moster-Schug, H. 1993: Ökologische Belange bei der Gewerbegebietsplanung und deren Umsetzung am Beispiel Bebauungsplan Gewerbepark Halle-Tornau. -Karlsruhe: Institut für Städtebau und Landesplanung. 154 S. (= Reihe Arbeitsberichte) ISBN 3-89157-85-6
- Schildwächter, R. 1996: Das digitale Bürgerinformationssystem - Techniken des World Wide Web für die kommunale Bauleitplanung. - Kaiserslautern: Fachgebiet Computergestützte Planungs- und Entwurfsmethoden in Raumplanung und Architektur, hrsg. von Bernd Streich. 121 S. (= Schriftenreihe Band 2) ISBN 3-9803809-7-1
- Schmidt, T.; Streich, B.: 1995: Computergestützte Bauleitplanung mit wissensbasierten Systemen. In: Vermessungswesen und Raumordnung, Jg. 57, Heft 3, S.149-162
- Schmidt, T.; Streich, B.: 1996: Chancen für die Kommunikation - Datenautobahn und Vernetzung in der öffentlichen Verwaltung. In: Die neue Verwaltung, Heft 5, S. 7-11
- Streich, B.; Weisgerber, W., 1996: Computergestützter Architekturmodellbau. Basel: Birkhäuser, 193 S. ISBN 3-7643-5363-5

5.1.4 Projekt A.4: Optimierte Bauplanung durch Zwei-Ebenen-Prozeßmodellierung

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Hans Grabowski
Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion
Fakultät für Maschinenbau

in Kooperation mit: Prof. Dr.ès.sc.techn. Niklaus Kohler
Institut für Industrielle Bauproduktion
Fakultät für Architektur

Wissenschaftliche Fragestellung

Aufgrund spezieller Rahmenbedingungen bei Bauprojekten wie z.B. schwache Spezifikation, lange Laufzeiten, eine Vielzahl beteiligter Disziplinen und Interessen, zeitgleiche Planung und Ausführung, müssen Planungsprozesse auf zwei verschiedenen Ebenen betrachtet werden:

- Zielplanungsebene d.h. Prozeßplanung auf der Ebene von Zielen und Aufgaben durch Ergebnisorientierung als steuerndes Element.
- Planungsobjektebene d.h. Ebene der physischen Planungsinhalte.

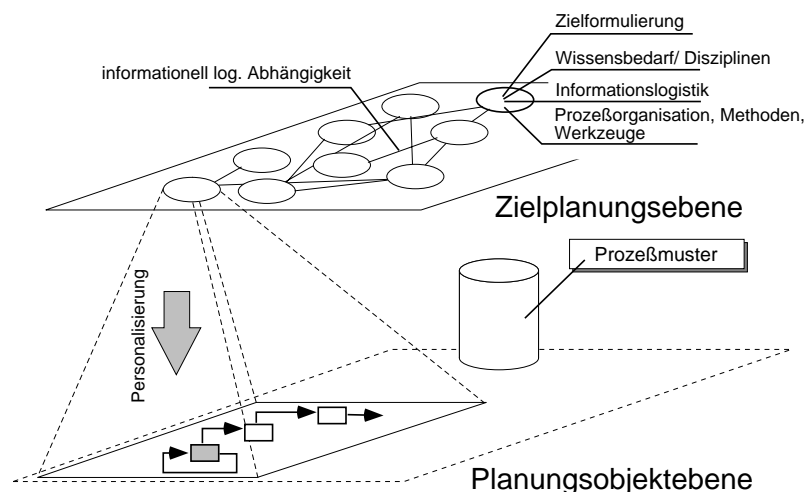


Bild 1: Zwei-Ebenen Betrachtung

- *Zielplanungsebene*

Bauplanungsprozesse zeichnen sich durch eine zyklische Wiederholung von ineinander verschachtelten Handlungsphasen der Analyse, Synthese und Reflexion aus. Die Bauplanung, mit ihren speziellen Charakteristika ist deshalb mehr als ein sequentielles Abarbeiten einzelner Arbeitsschritte. Außerdem haben die einzelnen Planungsaufgaben untereinander sehr komplexe informationelle sowie logische Abhängigkeiten.

Aus diesen Gründen ist eine deterministische Prozeßdefinition z.B. in Form von gerichteten Graphen auf Ebene der Ziele und Aufgaben bisher nicht bekannt.

Eine erfolgreiche Bauplanung ist nur durch eine ganzheitliche und ergebnisorientierte Bearbeitung der Aufgabe möglich.

Die Modellierung von Bauplanungsprozessen muß deshalb die Anwendung teamorientierter, koordinierter Planungsmethodiken und die Integration von Wissen und Erfahrung in und über allen Phasen berücksichtigen und unterstützen.

Die Steuerung solcher Planungsprozesse kann nur durch zielorientierte Koordination statt durch deterministische Planung erfolgen.

Schnelle Anpassungsfähigkeit der Prozeßplanung und -festlegung an veränderte Anforderungen ist der Schlüssel zur Optimierung von Zeit, Qualität und Kosten bei der Durchführung von Bauprojekten.

Eine flexible Anpassung der Planungsprozesse an geänderte Anforderungen ist nur durch eine strategische und ergebnisorientierte Ad-Hoc Modellierung der Prozesse möglich.

Ausgangspunkt sind Fallanalysen für verschiedene Klassen von Projekten. Ziel ist das Finden von „Konstanten“ auf zielorientierter Prozeßebene. Diese Konstanten - im folgenden Knoten genannt - stellen teamorientiert zu bearbeitende Aufgabenpakete dar.

Ein Knoten stellt also keine einzelne Aktivität oder Vorgang dar, sondern faßt beteiligte Personen, Zieldefinitionen, verschiedene Objekte wie z.B. Dokumente oder Werkzeuge, Referenzen auf Wissen und ggf. auch Arbeitsprozesse in einem Kontext zusammen.

Hinter jedem Knoten verbirgt sich ein also Teamprozeß, der unter den Aspekten

- Zielformulierung
- Wissenbedarf, Disziplinen, Prozeßmuster
- Prozeßorganisation, Werkzeuge, Methoden
- Informationslogistik
- Informationell logische Abhängigkeiten mit anderen Knoten

untersucht wird.

So können projektclassenspezifische optimierte „Planungsszenarien“ gefunden werden, die für die Durchführung einer effizienten Bauplanung genutzt werden können. Das sich daraus ergebende System von vernetzten Knoten dient als Vorlage für die Durchführung von komplexen Bauprojekten. Sie erleichtern den Planern die Navigation im Gesamtprozess, unterstützen die Konfiguration ihrer Arbeitsumgebung und reduzieren die Gesamtheit der Unterstützungsmöglichkeiten auf die jeweils Benötigten.

Die Adaption und effiziente Nutzung dieser Vorlagen für die Bearbeitung eines aktuellen Projektes mit Unikatcharakter erfolgt über eine Personalisierungsphase für jeden Knoten. Sie ist Voraussetzung und Vorbereitung für den Sprung auf die eigentliche inhaltliche Planung auf Planungsobjektebene. Es erfolgt die Festlegung und Modellierung der oben genannten Aspekte für den betrachteten Knoten als auch der Schnittstellen zu anderen Knoten. Personalisierung bedeutet also die Überführung projektunabhängiger Vorlagen in aufgabenspezifische Organisations- und Prozessfestlegungen.

Diese Gestaltung/Personalisierung der kooperativen Planungsprozesse ist schon eine erste Planungsaufgabe.

Während der Planung soll eine ständige Darstellung und Modellierung aller Vorgänge im Planungsprozeß im einem „Virtuellen kooperativen Planungsraum“ erfolgen. Durch Modellieren und Nachbilden der in der realen Planung vorkommenden Elemente entsteht somit ein virtuelles Planungsszenario, in dem der Bezug zur Wirklichkeit durch entsprechende Referenzen („Links“) in die reale, verteilte und heterogene Planungsumgebung hergestellt wird. Gleichzeitig ist es eine geeignete Methapher zum Aufbau

Dies ermöglicht sowohl eine Dokumentation aller schon durchgeführten Aktivitäten, als auch eine vorausschauende strategische Planung durch Ad-Hoc Modellierung des zukünftigen Prozeßverlaufs.

Man erreicht dadurch für die Beteiligten größtmögliche Transparenz, eine gute Wahrnehmung des Prozeßverlaufes und hohe Partizipationsmöglichkeiten aller Beteiligten.

Nach einer abgeschlossenen Personalisierung eines Knotens erfolgt der Sprung auf die Planungsobjektebene.

- *Planungsobjektebene*

Auf Planungsobjektebene setzt sich der Planungsprozeß eines Bauobjekts aus vielen kooperativ erbrachten Planungsschritten zusammen. Dabei sind typische Kombinationen von Einzelschritten erkennbar, die in Planungsprozessen unterschiedlicher Projekte immer wieder auftreten. Derartige Kombinationen von Einzelschritten werden Prozeßmuster genannt.

Aufbauend auf diesen werden Prozesse für die Planungsphase von Bauprojekten effizient modelliert. Bereits verfügbare Prozeßmuster dienen dabei als Bausteine für die Komposition des Planungsprozesses.

Mit Hilfe dieser Prozeßmuster wird ein Zugriffsmechanismus geschaffen, um gezielt Planungsinformationen früherer Projekte abzurufen. Abrufbare Planungsinformationen sind beispielsweise

- Arbeitspläne, die die erforderlichen Arbeitsschritte im Bauprozeß beschreiben
- Basisdaten für die Kostenkalkulationen

Das Erfahrungswissen früherer Planungsprozesse fließt also in den neuen Planungsprozeß ein und führt damit zu einer Reduktion des Planungsaufwands bei gleichzeitiger Erhöhung der Planungsqualität.

Neue Prozeßmuster und deren zugehörige Planungsinformation werden in die Prozeßmusterbibliothek aufgenommen und erweitern damit das Erfahrungswissen.

Aktueller Stand der Forschung

Verwandte Fragestellungen und Probleme des Teilbereich A4 werden intensiv im Forschungsgebiet „Computerunterstütztes kooperatives Arbeiten“ CSCW untersucht. Viele der bisher entwickelten CSCW Anwendungen (Groupware) lassen sich unterschiedlicher Kategorien einordnen. Typische Beispiele sind:

- GS basierend auf strukturierter Konversationen (z.B. Coordinator)
- Hypermedialstrukturierte Informationssysteme (z.B. gIBIS)
- Workflow Management Systeme, die strukturierte Abläufe unterstützen

Die dort erarbeitenden Modelle und Anwendungen beschränken sich auf die Unterstützung jeweils einer spezifische Arbeitsform, und sind daher für den integralen Planungsprozeß, der über die verschiedenen Phasen unterschiedlichste Anforderungen bezüglich Organisationsformen und Prozessabläufe aufweist, ungeeignet.

Neuere Entwicklungen konzentrieren sich deshalb auf die Integration verschiedenener Kategorien von CSCW-Anwendungen. Dennoch basieren auch diese oft auf starren und unrealistischen Vorgaben, die flexible und dynamische Kooperationsformen und domainspezifische Anforderungen nur unzureichend berücksichtigen. Deshalb ist ein genaues Verständnis und eine sorgfältige Modellbildung der Prozesse im Vorfeld notwendig.

Vorarbeiten

Forschungsschwerpunkt Informationslogistik: Branchenübergreifende Informationslogistik für die Produktentwicklung in der Investitionsgüterindustrie

Ziel des Forschungsschwerpunkts ist es, Modelle und Methoden zur Konzeption einer unternehmens- und branchenübergreifenden Informationslogistik zu entwickeln und Systeme zu ihrer Unterstützung prototypisch zu implementieren. Informationslogistik bedeutet Planung, Initiierung und Koordination von Informationsflüssen von der ersten Projektidee bis zur Endpräsentation.

Verbundprojekt INTESOL: Integrale Planung Solaroptimierter Gebäude

Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer integrierten Planungsumgebung zur Unterstützung einer Integralen Planung solaroptimierter Gebäude. Im Mittelpunkt steht dabei die Entwicklung eines integralen Planungsmodells als Grundlage zur Beschreibung und Modellierung integraler Planungsprozesse.

Literatur

- /Grab-88/ Grabowski, H.
Problemlösungsvorgänge in CAD Expertensystemen, WIMPEL '88 in München v. 28.06. - 01.07.88
- /GrKS-95/ Grabowski, H.; Krug, W.; Schmid, C.
Prozeßmodellierung und Simulation im Produktlebenszyklus, VDI Berichte Nr.1215, 1995
- /GrLW-95/ Grabowski, H.; Lossack, R.-S.; Weis, C.
Supporting the Design Process by an Integrated Knowledge Based Design System
IFIP WG 5.2 workshop on Formal Design Methods for CAD, Mexico City, Preprints, Gero, J.S.;
Sudweeks, F. (eds.), S.293-313, 1995
- /GrWZ-96/ Gryczan, G.; Wulf, M.; Züllighoven, H.
Prozessmuster für die situierte Koordination kooperativer Arbeit, Proceedings D-CSCW '96, 1996
- /Weis-96/ Weis, C.: Wissensbasierte Ablaufsteuerung des Konstruktionsprozesses. Dissertation Universität
Karlsruhe (TH), RPK, 1996
- /Tolo/ William J. Tolone. Introspect: a Meta-level Specification Framework for Dynamic, Evolvable
Collaboration Support. Ph.D.Thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign
- /Bogia/ Douglas P. Bogia.
Supporting Flexible, Extensible Task Descriptions In and Among Tasks.
Ph.D. Thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign. Tech. Report #UIUCDCS-R-95-1925
- /BoKa-95/ Douglas P. Bogia and Simon M. Kaplan. Flexibility and Control for Dynamic Workflows in the wOrlds
Environment.
ACM Conference on Organizational Computing Systems, pages 148- 159, Milpitas, CA, 1995
- /Roge-94/ A S Rogers
Virtuosi - virtual reality support for groupworking, BT Technology Journal, Vol 12, No 3, July 1994

5.2 Ebene B - Bauplanung

5.2.1 Projekt B.1: Computerintegrierte Bausystematiken in Planung und Konstruktion

Projektleitung: Prof. Dr.ès.sc.techn. Niklaus Kohler
Institut für Industrielle Bauproduktion
Fakultät für Architektur

Wissenschaftliche Fragestellung und Stand der Forschung

Ziel dieses Projektes ist es, integrierte Bausystematiken aus Planung, Konstruktion und Betrieb zu entwickeln, mit denen Gebäude in kürzerer Zeit, zu geringeren Kosten und in besserer Qualität erstellt werden können als bisher möglich. Das größte Potential sehen wir dabei nicht in der Entwicklung neuer Teilsysteme, sondern in der Verknüpfung existierender Systeme zu einem gut aufeinander abgestimmten Gesamtsystem. Die erhofften Vorteile liegen in der Entlastung der einzelnen Teilsysteme, die nicht mehr "alles" leisten müssen und in der größeren Performance des Gesamtsystems.

In einem erfolgreichen Gesamtsystem müssen Teilsysteme auf mindestens sieben Ebenen integriert werden. Sie sollen kurz skizziert werden:

1. Gebäudeproduktmodelle

Herkömmliche Schnittstellen im Bauen [EXPRESS] [STEP] [ToCEE] [COMBI] erschöpfen sich in umfangreichen Klassifikationen, die mit erheblichem Aufwand erstellt, gewartet und eingesetzt werden können. In der Praxis kommt es daher zu Widersprüchen und zu fehlerhaften Anwendungen. Durch die Integration mit den anderen Ebenen werden diese Klassifikationen deutlich entlastet, denn sie brauchen weder vollständig, noch in jedem Fall widerspruchsfrei zu sein, um ihren Beitrag zu einem funktionierenden Gesamtsystem zu liefern. Die Klassifikationssysteme werden üblicherweise als Schema einer Datenbank formuliert.

2. Softwaremodule

Eine gut aufeinander abgestimmte Menge von Werkzeugen zum Erzeugen und Bearbeiten von Texten, Listen, Tabellen, Bildern und Zeichnungen muß auf dem vereinbarten System von Klassifikationen arbeiten. Durch das Internet werden diese Funktionalitäten durch Archivierungs- und Kommunikationstechniken ergänzt. Neue Softwarestrategien wie komponentenbasiertes Programmieren [JAVA-Beans] [OpenDoc 96] oder Agentensysteme [Wooldridge et.al. 95][VKI] und gut formulierte Gebäudeproduktmodelle als Datenbasis lassen ein System aus kooperierenden und auf ihre Kernfunktionalität reduzierte Softwaremodule für klar definierte Teilaufgaben erwarten. Die zur Zeit üblichen Probleme mit Schnittstellen zwischen um ihre Aufgabenfelder konkurrierenden Softwarekonglomeraten werden dadurch deutlich entschärft.

3. Interfaces

Eine zur Zeit wenig diskutierte Integrationsebene von Konstruktionssystemen ist die der einheitlichen und Softwaremodul übergreifenden Interfaces. Am Institut wurde zu diesem Zweck für den Baubereich die Metapher der "Virtuellen Baustelle" [FABEL 93] [Ziegler et.al. 93] [Ziegler 94] [Hovestadt, V. 94.1] [Guinand et. al. 95] [Schmidt-Belz ed. 95] formuliert: Alle am Bauprozess beteiligten Personen treffen sich im Netz auf der Virtuellen Baustelle und sehen dort unmittelbar den aktuellen Planungsstand mit dem sich daraus für ihn ergebenden Konstruktions-, Kommunikations- und Kooperationsbedarf.

4. Planungssysteme

Auf einer weiteren Ebene wird der Planungsprozeß koordiniert. Klassische Planungssysteme basieren weitgehend auf Netzplantechniken, wie z.B. PERT. Auf der Forschungsebene wird dieses Thema - allerdings nicht im Baubereich - im SFB 374 in Stuttgart bearbeitet.

Wir unterscheiden grob in die horizontale und die vertikale Integration von Planungsschritten. Diese beiden Achsen spannen eine Planungskarte auf [Hovestadt 95], auf denen eine Planung den Wegen von Aufgabe zu Aufgabe folgt. In einem anderen am Institut formulierten Modell wird die Koordination der an einem Projekt beteiligten Personen und Planungsschritte in einem "Virtueller Kooperativer Planungsraum" [Müller 96] koordiniert. Diese am IFIB entwickelten Metaphern haben die Gemeinsamkeit, daß sie durch eine für den Benutzer besonders gut zu verstehende Metapher und deren Implementation in entsprechend ergonomischen Interfaces einem Nutzer ad hoc Modellierungen erlauben und den für eine Praxis erforderlichen Modellierungsaufwand (siehe oben: Gebäudeproduktmodelle und Softwaremodule) erheblich reduzieren.

5. Planungsgeschichte

Wesentliches Merkmal dieser Metapher von Planungskarten ist, daß sie projektübergreifend sind und es daher ermöglichen in einem schlüssigen Modell Erfahrungen aus alten Projekten als Antwort auf aktuelle Fragestellungen zu übernehmen. Die Planungsfragmente, die aus alten Planungen übernommen werden können (case based reasoning [Kolodner 93]) werden unterschieden in Prototypen (sie wurden speziell zum Zweck der Wiederverwendung entworfen und gehorchen didaktischen Anforderungen) und Episoden (besondere Teilplanungsverläufe, ohne Nachbearbeitung) [FABEL 93] [Schmidt-Belz ed. 95]. In studentischen Seminaren konnte die besondere Leistungsfähigkeit dieser verhältnismäßig weit entwickelten Planungssystematik gezeigt werden: kurze Einarbeitungszeiten, vereinfachte Modellierung, hohe Planungsqualität, learning by doing [Hovestadt 96].

6. Bausysteme

Auf der Architektonischen Ebene werden die Schnittstellen der Baukonstruktion und der Architektur formuliert. Üblicherweise werden hierunter Baukästen aus vorgefertigten Komponenten und geometrische Maßsysteme verstanden. Für die verschiedenen Gewerke gibt es zur Zeit recht weit entwickelte Bausysteme. Es besteht allerdings ein erhebliches Schnittstellenproblem der Bausysteme untereinander. Hier systemübergreifende Standards zu entwickeln, würde nicht nur die Gebäudeperformance mit geringem Aufwand deutlich erhöhen, sondern auch die einzelnen Bausysteme vereinfachen. Damit ist die Problematik der Bausysteme der Problematik der Softwaresysteme vergleichbar.

7. Unikatfertigung

Durch den Einsatz von CAD/CAM-Ketten ist es darüber hinaus möglich Bausysteme zu entwickeln, die nicht auf vorgefertigten Massenkomponten basieren. Untersuchungen am Institut haben gezeigt, daß durch die Unikatfertigung von strategischen Konstruktionspunkten baukonstruktive Schnittstellen zwischen den zur Zeit etablierten Bausystemen herstellen lassen und daß dadurch die für ein Gebäude erforderlichen Baukomponenten drastisch reduziert werden können [Hovestadt et.al. 96].

Methodischer Ansatz

Gegenstand dieses Teilprojektes sind Systeme, die Elemente der angesprochenen Ebenen zu einem Gesamtsystem integrieren. In der Phase 1 des SFBs sollen drei dieser Systeme konzipiert werden. In Phase 2 sollen sie implementiert werden und ihre besonderen Leistungsmerkmale an einem virtuellen Gebäude in Planung, Konstruktion und Betrieb demonstrieren.

Vorarbeiten

Am IFIB gibt es durch die architektonische Praxis von Prof. F. Haller fundierte Erfahrungen in der Entwicklung von Bausystemen [Haller 74] [Haller 88] und deren Integration mit Installationssystemen [Haller 85]. Das Institut arbeitet seit 1987 an der Entwicklung von Planungs- und Konstruktionsmodellen für Bausysteme [Mathis 88] [Raetz 89] [Drach 93] [Hovestadt 94] auf der Ebene der Grundlagenforschung. In einem realisierten Wohngebäude [Hovestadt et.al. 95] [Hovestadt et.al. 96] konnte gezeigt werden, daß erhebliche Rationalisierungs- und Performancepotentiale in der Übertragung der Forschungsergebnisse auf z.B. den Wohnungsbau bestehen.

Das Institut für Industrielle Bauproduktion arbeitete an Gebäudeproduktmodellen in den Bereichen Konstruktionssysteme [Drach et.al. 92] [Hovestadt, V. et. al. 94.1] [Hovestadt, V. et. al. 94.2][Hovestadt, L. et. al. 94], Konstruktion und Simulation [Eiermann et.al. 94] und Energie- und Stoffflußanalysen [Bedell et.al. 93]. Ein wesentliches Interesse liegt auf der Integration von geometrischen (CAD/VR) und semantischen (künstliche Intelligenz) Modellen [Kiefer 94]. Hierzu wurde mit der verteilten, constraintbasierten Programmiersprache OZ [Smolka et. al. 93] gearbeitet [Bhat 95]. Die aktuelle Implementation des FABEL Forschungsprototypen [FABEL 93][Börner 94][Schmidt-Belz ed. 95] (Oberfläche und Datenhaltung wurden vom IFIB implementiert) ist komponentenbasiert und arbeitet mit RemoteObjects des NextStep-Betriebssystems.

Literatur

- [Bedell et.al. 93] Bedell, J.; Kohler, N.: A Hierarchical Model for Building Applications. In: Flemming, U.; vanWyk, S.: CAAD Futures, North Holland, Amsterdam, 1993
- [Bhat 95] Bhat, R.: An Agent Approach to Case Adaptation, FABEL Report 26, GMD, St. Augustin, 1995
- [Börner 94] Börner, K. (ed.): Modules for Design Support, FABEL-Report No. 35, GMD, St. Augustin, 1994
- [CIB 91] Computer Integrated Building - ESPRIT - Computer Integrated Manufacturing, Exploratory Action No. 5604, 1991
- [COMBI] Computer-Integrated Object-Oriented Model for the Building Industry. ESPRIT Project 6609
- [Drach et.al. 92] Drach, A.; Langenegger, M.; Heitz, S.: Flexible Environments for Integrated Building Design. In: Krause et.al. (eds): CAD'92 - Neue Konzepte zur Realisierung anwendungsorientierter CAD-Systeme, GI-Fachtagung, Berlin, 5.1992
- [Drach 93] Drach, A.: Flexible Werkzeuge für die integrierte Gebäudeplanung, Dissertation am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe, 1993
- [Eiermann et.al. 94] Eiermann, O.; Heitz, S. et.al.: RETEx Abschlussbericht (BMFT-Vorhaben 0329132A), Institut für Industrielle Bauproduktion, Karlsruhe, 1994
- [FABEL 93] FABEL: BMFT-Verbundvorhaben 01IW 104 - Das FABEL-Konsortium: FABEL im Überblick, FABEL-Report 1, GMD, St. Augustin, 1993
- [Guinand et.al. 95] Guinand, P.; Thüring, S.: Virtuelle Baustelle, Interaktive VR-Umgebung eines Rohbauprojektes in Zusammenarbeit mit der Fa. Ytong. Institut für Industrielle Bauproduktion, Karlsruhe, 1995
- [Haller 74] Haller, F.: MIDI - Ein offenes System für mehrgeschossige Bauten mit integrierter Medieninstallation, USM Bausysteme Haller, Münsingen, CH, 1974
- [Haller 85] Haller, F.: ARMILLA - Ein Installationsmodell, Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe, Germany, 1985
- [Haller 88] Haller, F.: Bauen und Forschen, Dokumentation der Ausstellung, Solothurn, CH, 1988
- [Hovestadt 94] Hovestadt, L.: A4 - Digitales Bauen - Ein Modell für die weitgehende Computerunterstützung von Entwurf, Konstruktion und Betrieb von Gebäuden. Dissertation, Universität Karlsruhe (TU), Institut für Industrielle Bauproduktion, Fortschrittberichte VDI, Reihe 20 Rechnerunterstützte Verfahren Bd. 120, ISBN 3-18-31 2020-8, Düsseldorf, 1994
- [Hovestadt, L. et.al. 94] Hovestadt, L.; Hovestadt, V.; Mülle, J.; Sturm, R.: Entwicklung einer datenbankunterstützten Architektur-Entwurfsumgebung. Ein Anforderungsbericht, Universität Karlsruhe, Institut für Industrielle Bauproduktion und Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation, 1994.
- [Hovestadt, V. et.al. 94.1] V. Hovestadt, J.A. Mülle, and R. Sturm. Grundlagen des ArchE Projektes. ArchE Projektbericht Nr. 1. Universität Karlsruhe, 1994
- [Hovestadt, V. et.al. 94.2] V. Hovestadt, J.A. Mülle, and R. Sturm. MIDI-Beschreibung. ArchE Projektbericht Nr. 2. Universität Karlsruhe, 1994
- [Hovestadt et. al. 95] Hovestadt, L.; Hesse, R.; Vorhauer, K.: Wohnhaus Hovestadt, Magdeburger Str. 15, 76139 Karlsruhe.
- [Hovestadt 95] Hovestadt, L.: PM5 2.1 - Planungsmodell Armilla5, Insitut für Industrielle Bauproduktion, Karlsruhe, 1995
- [Hovestadt 96] Hovestadt, L.: Studentischer Entwurf SS96, Insitut für Industrielle Bauproduktion, Fakultät für Architektur, 1996.
- [Hovestadt et.al. 96] Hovestadt, L.; Hovestadt, V.: W•int - Integrierter Wohnungsbau - Anwendungsbeispiel Einfamilienhaus, Institut für Industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe, 1996. L•int, integrierter Leichtbau, Institut für Industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe, 1996.

- [Java Beans] <http://splash.javasoft.com/beans/index.html>
- [Kiefer 94] Kiefer, E.: Konzeption einer erweiterten Wissensrepräsentation, FABEL-Report 23, GMD, St. Augustin, 1994
- [Kolodner 93] Kolodner, J.: Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann, San Mateo, 1993
- [Mathis 88] Mathis, Ch.: Installationsplanung mit einem wissensbasierten System, Dissertation am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe, 1988
- [Müller 96] Müller, Ch.: Der Virtuelle Kooperative Planungsraum, BauCAT '96, Stuttgart, 1996.
- [OpenDoc 96] OpenDoc Programmer's Guide, Addison-Wesley, 1996.
- [Raetz 89] Raetz, P.: XNET: Ein intelligentes CAD-System für die Planung von Lokalen Netzwerken in Gebäuden, Dissertation am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe, Germany, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 20: Rechnerunterstützte Verfahren, Nr. 19, Düsseldorf, 1989
- [Rogala et.al. 95] Rogala, M.; Hovestadt, L.; Oxaal, F.: Lovers Leap, Multimediainstallation, Multimediale 4, Karlsruhe, 1995
- [Schmidt-Belz ed. 95] Scenario of FABEL Prototype 3 - Supporting Architectural Design - FABEL-Report 40, GMD, St. Augustin, 1995
- [Smolka et.al. 93] Smolka, G.; Henz, M.; Würtz, J.: Object-oriented concurrent constraint programming in oz. Research Report RR-93-16, DFKI, Saarbrücken, 1993
- [ToCEE] Towards a Concurrent Engineering Environment in the Building and Engineering Structures Industry. Industrial RTD Project (ESPRIT). [Http://bci10.bau.tu-dresden.de/tocee](http://bci10.bau.tu-dresden.de/tocee)
- [VKI] Verteilte Künstliche Intelligenz: vki-list@dfki.uni-sb.de
- [Wooldridge et.al. 95] Wooldridge, M.; Jennings, N. (eds.): Intelligent Agents. ECAI 94 Workshop of Agent Theories, Architectures, and Languages, Amsterdam, The Netherlands, 1995
- [Ziegler et.al. 93] Ziegler, C.; Bhat, R.; Hovestadt, L.; Hovestadt, V.: Digitale Räume. Installation im eve (extended virtual environment) von Jeffrey Shaw auf der multimediale III, Karlsruhe, 1993
- [Ziegler 94] Ziegler, C.: Digitale Baustelle, CD-ROM, Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, Institut für Industrielle Bauproduktion, Karlsruhe, 1994

5.2.2 Projekt B.2: Qualitätssicherung durch integrierte Energiediagnose

Projektleitung: Prof. Andreas Wagner
Lehrbereich Bauphysik und Technischer Ausbau
Fakultät für Architektur

Wissenschaftliche Fragestellung

Im Rahmen der Vorplanung von Gebäuden werden unterschiedliche Berechnungsverfahren (Handrechenverfahren, Simulationen) eingesetzt, um den Energiebedarf von Gebäuden zu prognostizieren bzw. Bauelemente und haustechnische Anlagen zu dimensionieren. Diese Energiekennzahlen sind auch für die Genehmigung eines Bauvorhabens verbindlich. Inwieweit die Kennzahlen in der Bau- und Nutzungsphase eingehalten werden bzw. ob die über die technischen Anlagen abgegebenen Energieströme mit den Prognosen über das Anlageverhalten übereinstimmen, wird in der Regel nicht geprüft. Umfassende Energiediagnosen an Gebäuden werden momentan nur im Rahmen ausgewählter Demonstrationsprojekte oder zur Erstellung von Gutachten durchgeführt; letztere jedoch erst dann, wenn der Komfort der Nutzer empfindlich gestört ist bzw. Bauschäden oder Anlagenfehlfunktionen offensichtlich werden. Entsprechend aufwendig und teuer ist deshalb die eingesetzte Meßtechnik, so daß diese Verfahren nicht zu einer breiteren Anwendung herangezogen werden können. Vorhandene Sensorik und MSR-Technik in der Gebäudeautomation wird zur Energiediagnose bzw. zur Optimierung von Energieflüssen nur unzureichend genutzt, denn die implementierte Software übernimmt vorwiegend Steuerungsaufgaben für die technischen Anlagen ohne energetische Prämissen.

Zielsetzung und methodischer Ansatz

Ziel dieses Projekts ist es, Meß- und Prüfverfahren auszuwählen bzw. zu entwickeln, die in einem breiten Rahmen für die Qualitätssicherung hinsichtlich des Energieverbrauchs von Gebäuden in der Bau- und Nutzungsphase eingesetzt werden können. Weiterhin müssen sie erlauben, den Betrieb von gebäudetechnischen Anlagen zur Klimatisierung (Heizung, Lüftung, Kälte) und Beleuchtung über kontinuierliche Funktionsprüfungen und Regelalgorithmen hinsichtlich des Eigenenergiebedarfs (Pumpen, Ventilatoren) und hinsichtlich der Abstimmung auf das dynamische Gebäudeverhalten zu optimieren. Eine solche integrierte Energiediagnose muß beim Neubau während der Bauphase und in der Nutzungsphase stattfinden. Im Fall der Sanierung kommt die Analyse des Ist-Zustands dazu.

Innerhalb des zu entwickelnden Verfahrens wird zwischen einer Grobdiagnose (= Ermittlung von Energiekennzahlen) und der sogenannten Feindiagnose (meßtechnische Validierung der Energiekennzahlen) unterschieden. Mit Hilfe verschiedener Werkzeuge (schematisierte Plausibilitätskontrolle von eingereichten Energiekennzahlen, meßtechnische Verfahren, Abnahmeprotokolle für die Bau- und Nutzungsphase, etc.) schafft die Feindiagnose für den gesamten Planungsablauf bis hin zur Bewirtschaftung des Gebäudebestands eine größere Sicherheit, da eine stetige meßtechnische Überprüfung des Gebäudes die Validierung von rechnerisch ermittelten Planungsdaten zuläßt. Beiden Verfahren liegt das selbe physische Modell zugrunde.

Für die Feindiagnose sind Meßwerterfassungssysteme in verschiedenen Ebenen erforderlich: autonome mobile Einheiten zur Bestandsaufnahme bzw. Baubegleitung (Energieströme über die Gebäudehülle) und stationäre Einheiten zur Kontrolle bzw. Optimierung in der Nutzungsphase (hauptsächlich Energieflüsse in technischen Anlagen). Für die letztgenannten können entsprechend modifizierte MSR-Systeme der technischen Anlagen eingesetzt werden.

Für die auszuwählenden Meßverfahren und -sensoren gibt es entsprechend den einzelnen Phasen unterschiedliche Anforderungen:

1. Analyse: Autonome dezentrale Meßsysteme mit eigener Intelligenz, autarker Energieversorgung sowie Speicher für Meßdaten. Einfache Meßverfahren (z.B. Aufnahme von Vibrationen zur Messung der Brennereinschaltzeit, Infrarot-Aufnahmen) sind zur qualitativen Erfassung der Energieströme ausreichend, wobei die Minimierung der Investitionskosten für solche Systeme

nicht unbedingt im Vordergrund steht, da sie aufgrund ihrer Mobilität beliebig oft eingesetzt werden können. Es sind sowohl Energieflüsse durch die Gebäudehülle sowie in technischen Anlagen zu berücksichtigen.

2. Neubau/Umbau: Autonome mobile Systeme, wobei der Schwerpunkt der Meßaufgaben in der Qualitätssicherung der Bauausführung liegt (z.B. instationäre k-Wert-Messung, Wärmebrückenanalyse, Drucktests). Es muß geprüft werden, ob es Verfahren gibt, die einerseits eine hohe Mobilität und Flexibilität garantieren, andererseits aber über eine qualitative Beurteilung von Bauelementen hinausgehen können.
3. Inbetriebnahme/Optimierung/Kontrolle: In dieser Phase spielen nur noch Energieflüsse in technischen Anlagen eine Rolle. Dazu sind stationäre Systeme (MSR-Technik) mit normierten Meßprotokollen (Intervalle, Mittelungen etc.) und Datenformaten erforderlich; außerdem muß die Güteklasse der Sensoren verbindlich festgelegt werden.

Vorarbeiten

Der Lehrbereich Bauphysik und Technischer Ausbau beschäftigt sich in Lehre und Forschung schwerpunktmäßig mit meßtechnischen Untersuchungen von raumklimatischen Zuständen, Energieflüssen über die Gebäudehülle und in technischen Anlagen sowie von Beleuchtungssituationen in Räumen. Weitere Forschungsbereiche sind die Entwicklung von Gesamtenergiekonzepten und EDV-gestützte Planungswerkzeuge für Architekten und Fachplaner (Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens, dynamische Lastberechnungen, Tages- und Kunstlichtsimulationen, dreidimensionaler Wärmetransport durch Bauteile).

Im Zusammenhang mit diesem Teilprojekt sind folgende Projekte zu nennen:

- THERMARK (Auswirkung des thermischen Verhaltens der Außenwände auf das Raumklima), DFG Le 764/3-1, Schwerpunktprogramm "Bauphysik der Außenwände".
- Lichttechnische Messungen an der staatlichen Regelschule Erfurt, BMBF 35-250694, Unterauftrag des Fraunhofer-Instituts ISE, Freiburg)
- Energetische Vermessung des Mehrfamilien-Solarhauses Gundelfingen, BMBF, Unterauftrag des Fraunhofer-Instituts ISE, Freiburg)
- SOLARWAND (Integration eines durchströmten Solarabsorbers in eine Gebäudehülle), BMBF 0335004 T
- Konstruktive Verbesserung des Randverbunds von Verglasungen sowie von rahmenlosen Verglasungen mit Hilfe von FE-Berechnungen (Eigenforschung).
- Meßtechnische Untersuchung von Sonnen- und Blendschutzsystemen (im Auftrag der Fa. Baumann, Schweiz)

Literatur

- Bloem, J.J. et al., A comparison of methods for thermal resistance estimation, Proc. of European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, 1994
- Stymne, H., Boman, C.A., Measurement of ventilation and air distribution using a homogeneous emission technique - a validation, Proc. of Healthy Buildings, 1994
- Laine, T., Heimonen, I., Integrated control of electrical and air-conditioning systems, Proc. of European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, 1994
- Fisch, N. (ed.), Measurement techniques development - research report of the PASSYS subgroup test site management, The European Comm., Report EUR 15116 EN, 1993
- Voss, K., Experimentelle und theoretische Analyse des thermischen Verhaltens für das energieautarke Solarhaus Freiburg, Dissertation am Laboratoire d'Énergie Solaire der Ecole Polytechnique Federale Lausanne, 1996
- Dijk van, D. (ed.), Development of the PASSYS test method: development report of the subgroup test methodologies, The European Comm., Report EUR 15114 EN, 1994
- Rogass, H., Instationäres Auswerteverfahren für Wärmedämmmessungen, Bauphysik 16 (94)
- Spirkl, W., Dynamische Vermessung von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung, Dissertation an der Ludwigs-Maximilian-Universität München, 1990
- Leitfaden für Messungen an Gebäuden und Haustechnikanlagen, SIA-Dokumentation D 027 in der Reihe Planungsunterlagen zu Energie und Gebäude", Zürich 1988

5.2.3 Projekt B.3: Aufbau eines Archivs von Lösungsmustern

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Hans Grabowski
Institut für Rechneranwendung in Planung und Konstruktion
Fakultät für Maschinenbau

Stand der Technik

Die Nutzung von Lösungsarchiven bei Entwicklungsaufgaben hat zum Ziel, bereits vorhandenes Planungswissen verfügbar zu machen. Im Bereich der Konstruktion im Maschinenbau konnte dadurch eine erhebliche Effizienzsteigerung erzielt werden. (/Koll-85/, /Roth-82/)

Unterschieden werden verschiedene Arten von Archiven. *Norm- und Wiederholteilarchive* speichern Variantenteile, die bzgl. ihrer Abmessungen Gestaltvarianten bilden können. Zu diesem Zweck sind die Teiledaten in Sachmerkmale und geometrieerzeugenden Variantenprogramme unterteilt. Die in *Formelement-Archiven* gespeicherten Objekte besitzen neben der geometrischen Eigenschaft auch semantische Informationen, beispielsweise über die vom Formelement realisierten Funktionen. Beiden Arten von Lösungsarchiven ist gemein, daß die Sucheeffizienz wesentlich vom angewendeten Klassifizierungsverfahren der Archivobjekte abhängt. *Konstruktionskataloge*, als Archiv interpretiert, bieten darüberhinaus für den Konstrukteur im Konstruktionsprozess die stufenweise Lösungsfindung über verschiedene Abstraktionsebenen hinweg an. (/BGSS-86/, /Brau-91/, /CCPS-88/, /Diek-81/, /VDI-2222/)

Vorarbeiten

Am RPK wurde der weitergehende Ansatz der Lösungsmuster entwickelt. Lösungsmuster stellen problemneutrale Beschreibungen für zu erarbeitende Lösungen zur Verfügung. Die Lösung ist dabei durch Parametrisierung an die aktuelle Problemstellung anpaßbar. Lösungsmuster beinhalten neben der eigentlichen Lösungsbeschreibung auch Voraussetzungen und Umgebung des Lösungsmusters. Die Voraussetzung beschreibt die Problemstellung, die sich aus der Anforderungsspezifikation ergibt. Die Lösung liefert das Resultat, das von der Lösungsfindung erwartet wird. Die Lösung, die in der Regel nur für ein Teilproblem gilt, wird in eine Lösungsumgebung eingebettet, die den Bezug zur Gesamtlösung gewährleistet. Die daraus entstehenden Lösungsmusterhierarchien (von abstrakten Lösungsmustern zu konkreten Lösungsmustern) dienen bei der Lösungsfindung zur problemspezifischen Einschränkung des Lösungsraums. (/Benz-90/, /Grab-83/, /GrBS-91/, /GrRU-92/, /GrVo-92/, /Klåg-93/, /Suhm-93/)

Wissenschaftliche Fragestellung und methodischer Ansatz

Eine Baukostensenkung im Bauwesen erfordert, die Kostenstrukturen von Gebäuden zu kennen und dort zu optimieren, wo aufgrund von Erfahrungswissen bereits Lösungsmuster existieren, wo durch Wiederverwendung von Komponenten höhere Stückzahlen erzielt werden oder wo durch Änderung des Stands der Technik besondere Einsparungspotentiale gesehen werden.

Ein Archiv von Lösungsmustern muß daher so strukturiert werden, daß

- Kostenstrukturen
- Angebote
- 2D-Entwürfe
- 3D-Modelle

von Gebäuden als Ganzes oder von Komponenten aufgebaut werden. Dabei ist beim Zugriff auf Lösungsmuster eine aufgaben-, anforderungs- und/oder funktionsorientierte Sichtweise vorzusehen. Außerdem ist der optimale Dekompositionsgrad zu untersuchen. Der Nutzeffekt dieses Ansatzes besteht in der Erweiterung der aus dem Maschinenbau bekannten Baukastensysteme auf den

Bereich des Bauwesens. Durch die Beteiligung unterschiedlichster Disziplinen und sich ständig ändernden Konsortien ist der Aufbau mehrerer Lösungsmuster-Bibliotheken notwendig. Dabei ist auf die Interoperabilität der Lösungsmuster aus den unterschiedlichen Disziplinen zu achten. In der Gewährleistung der Interoperabilität besteht die Hauptaufgabe dieses Teilprojekts.

So kann Planungsaufwand durch Zugriff auf Wiederholösungen reduziert werden. Ferner ist durch Wiederverwendung von Komponenten der Vorrichtungs- und Werkzeugbau standardisierbar. Außerdem beinhaltet dieser Ansatz die Möglichkeit durch Vorfertigung von Wiederholkomponenten an anderer Stelle durch hohe Stückzahlen Einsparpotentiale zu erschließen.

Der Aufbau von Lösungsmuster-Bibliotheken basiert auf dem Produktmodellansatz und berücksichtigt Schnittstellen zu unterschiedlichen Planungssystemen (Text-, Tabellen-, 2D- und 3D-Systeme). Außerdem sind Schnittstellen zu unterschiedlichen Branchen zu berücksichtigen.

Solche Lösungsmusterbibliotheken erlauben die Berücksichtigung der Umplanung zu einem früheren Zeitpunkt oder geringeren Kosten. Das Konzept hierzu geht davon aus, daß ein Gebäude am Anfang billig sein muß, Komponenten von Substanz aber bereits langlebig ausgeführt sein müssen. Während der Lebensphase kann eine kostengünstige Anpassung an gesteigerte Qualitätsansprüche erfolgen, wenn wenigstens die Voraussetzungen hierfür bereits berücksichtigt werden. Dies erfordert allerdings am Anfang einen erhöhten Planungsaufwand, der eine Vielzahl unterschiedlicher Informationen zu berücksichtigen hat. Diese sollen Archive bereitstellen.

Literatur

- /Benz-90/ Benz, T.
Funktionsmodellierung als Basis zur Lösungsfindung in CAD-Systemen
Dissertation, Universität Karlsruhe, 1990
- /BGSS-86/ Butterfield, W.R.; Green, M.K.; Scott, D.C.; Stoker, W.J.
Part features for Process Planning
Report Computer Aided Manufacturing International, R-86-PPP-01, Arlington Texas, 1986
- /Brau-91/ Brauchle, H.
CAD-Normteiledaten im Unternehmen - Erfahrungen und Forderungen aus den ANP-Arbeitskreisen
DIN- Mitteilungen 70, Heft Nr. 3, Deutsches Institut für Normung, Berlin 1991
- /CCPS-88/ Chung, J.C.; Cook, R.L.; Patel, D.; Simmons, M.K.
Feature-Based Geometry Construction for Geometric Reasoning
Proc. ASME International Computers in Engineering Conference and Exhibition, San Francisco, 1988
- /Diekhöner-81/ Diekhöner, G.W.
Erstellen und Anwenden von Konstruktionskatalogen im Rahmen des methodischen Konstruierens
Dissertation TUI Braunschweig, 1981
- /Grab-83/ Grabowski, H.
Nutzung von Normteilen in CAD-Systemen durch rechnerflexible Normteiledaten
DIN-Mitteilungen 62, Heft 8, Deutsches Institut für Normung, Berlin 1983
- /GrBS-91/ Grabowski, H.; Braun, S.; Suhm, A.
User-Generated Feature Libraries for the Maintenance of Recurrent Solutions
6th International Conference on CAD CAM, Robotics, and Factories of the Future, London,
International Society for Productivity Enhancement (ed.) Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1991
- /GrRH-91/ Grabowski, H.; Rude, S.; Huber, R.
Grundlagen der Konstruktionsmethodik
Vortrag zur Tagung "Erfolgreiche Anwendung wissensbasierter Systeme in Entwicklung und Konstruktion" am
07./08.10.1991 in Heidelberg in VDI-Berichte Nr. 903, Seite 1-32, VDI-Verlag 1991
- /GrVo-92/ Grabowski, H.; Vogel, H.
Klassifizieren, Suchen und Ordnen von geometrischen Informationen durch automatische Verschlüsselung
Konstruktion 44, S. 286-290, 1992
- /Kläg-93/ Kläger, R.
Modellierung von Produktanforderungen als Basis für Problemlösungsprozesse in intelligenten
Konstruktionssystemen
Dissertation Universität Karlsruhe, 1993
- /Koll-85/ Koller, R.
Konstruktionslehre für den Maschinenbau
2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 1985
- /Roth-82/ Roth, K.
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen
Springer Verlag, Berlin, 1982
- /Suhm-93/ Suhm, A.
Produktmodellierung in wissensbasierten Konstruktionssystemen auf der Basis von Lösungsmustern
Dissertation Universität Karlsruhe, 1993
- /VDI-2222/ Verein Deutscher Ingenieure
VDI-Richtlinie 2222 Blatt 2: Konstruktionsmethodik - Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen
VDI-Handbuch Konstruktion, Beuth Verlag, 1984

5.2.4 Projekt B.4: Simulation von automatisierter Ausführung

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Wörn
Institut für Prozeßrechentechnik und Robotik
Fakultät für Informatik

Wissenschaftliche Fragestellung

Bisher basiert die Automatisierung bestehender Bauabläufe und Bautechniken im wesentlichen auf Robotisierung von Verfahren der stationären Fertigungsindustrie. Hierbei bleibt ein großes Optimierungspotential unberücksichtigt, da die Automatisierungsbestrebungen auf konventionellen Planungsverfahren beruhen. In diesem Teilprojekt soll daher eine Integration zwischen Planung und Ausführung stattfinden sowie eine klare Strategie erarbeitet werden, die es ermöglicht, a priori zu ermitteln, welche Art von Automatisierung und Robotisierung notwendig und sinnvoll ist. Hierzu verfolgt das Projekt zwei Ziele:

- Simulation des Layouts der Baustelle, des Einsatzes von Robotern sowie der vorhandenen Materialflüsse. Hierbei erfolgt eine Evaluierung der möglichen Beiträge zur Automatisierung des gesamten Bauprozesses sowie die Ableitung einer passenden Optimierungsmethode.(Simulationsebene)
- Erhöhung der Flexibilität und Robustheit von Robotern sowie die Erweiterung deren Einsatzspektrums auf der Baustelle. Hierbei soll in der Simulation die Sensorik, Aktuatorik sowie Steuerungsarchitektur des Roboters und die Mensch-Roboter-Schnittstelle berücksichtigt werden. (Roboterebene)

Das Vorhaben leistet innerhalb des Sonderforschungsbereiches einen wichtigen Beitrag zur Integration von Planung und Ausführung.

Methodischer Ansatz

Zur Umsetzung der aufgeführten Ziele werden die folgenden methodischen Ansätze verwendet:

Auf der Simulationsebene werden die im IPR untersuchten Methoden zur Modellierung und Simulation von Unternehmensprozessen angewandt. Hilfreich werden hier **Algebra-basierte Beschreibungen** von Produkten und entsprechenden Fertigungsprozessen [Reithofer *et al.* 1995] sowie die **Methoden zur Modellierung und Simulation** von virtuellen Unternehmen [Reithofer 1996] sein.

Auf der Roboterebene werden reale **Sensordaten in die Simulation eingekoppelt**, so daß die aus den Sensoren entstehenden Ungenauigkeiten in der Simulation berücksichtigt werden können. Die erforderliche Flexibilität und Robustheit der Robotersteuerung wird mit Hilfe einer **Multi-Agenten-Systemarchitektur** erzielt. Durch das Prinzip der **mobilen Manipulation** kann der Arbeitsraum auf der Baustelle optimal benutzt werden.

Stand der Forschung

Simulationsumgebungen, wie z.B. Simple++ (Simulation in Produktion, Logistik und Engineering), zur Modellierung von Unternehmensprozessen sowie zur Auswertung und Darstellung von statistischen Daten sind bereits im Einsatz. Sie ermöglichen durch flexible Schnittstellen die Analyse von komplexen Zusammenhängen und Abläufen in unterschiedlichen Prozessen.

Die bisher entwickelten Bauroboter haben einen Mangel an Sensoren, die ihren Einsatz in einer unstrukturierten Umgebung sehr stark begrenzt [Spath 1994]. Diese Roboter sind nicht in der Lage, Sensorungenauigkeiten zu behandeln und die daraus entstehenden Fehler zu erkennen und zu beheben. Ihr Einsatzgebiet deckt nur die Mauerfertigung ab [Pritschow 1994]. Sie können keine komplexeren Aufgaben, wie den Anbau von Fenstern, Transport von Materialien, Fertigung im Innenbau, erledigen. Insbesondere die Kooperation mit den Menschen oder anderen Robotern wird

vernachlässigt oder begrenzterweise in sehr einfachen Fällen simuliert [Al-Jarrah und Zheng 1996, Yamamoto *et al.* 1996].

Vorarbeiten

Hinsichtlich der hier formulierten Projektziele sind die folgenden Arbeiten von besonderer Bedeutung, da sie als Vorarbeiten in das Teilprojekt einfließen:

- *Kontrolle von Fertigungssystemen*. In dieser Arbeit wurde eine Simulationsumgebung zur Modellierung von Fertigungsprozessen in einem Unternehmen, wie z.B. Lagerung, Transport, Montage, entwickelt [Reithofer *et al.* 1995].
- *Multi-Agenten-Robotersteuerung*. Hier wurde eine Infrastruktur zur Entwicklung von **robusten** Multi-Agenten-Systemen entwickelt: KAMARA (Karlsruher Multi-Agent Robot Architecture) [Längle und Rembold 1996].
- *Mobile Manipulation*. Hier wurde durch die Entwicklung einer Steuerungsstrategie, die den gleichzeitigen Einsatz von Mobilität und Manipulation ermöglicht, der den **Arbeitsraum eines Manipulators erweitert** [Nassal 1996].
- *Verteilte Programmierung zur Integration von Simulation und Steuerung von Robotern*. Das in dieser Arbeit entwickelte Konzept bietet eine flexible Konfigurierung und eine dynamische Adaptation der gewünschten **Simulations- oder Steuerungsumgebung** [Mehlhaus 1994].
- *Integration of Sensor simulation for Telerobotic and Telepresence*. In dieser Arbeit wurde ein Programm für das Projekt ROCCO(Robot assembly system for Computer integrated Construction) entwickelt, das die **Fernsteuerung, Planung und Überwachung** von Baurobotern ermöglicht [Schaude und Dillmann 1994].

Literatur

- Al-Jarrah und Zheng 1996
Al-Jarrah, O.M.; Zheng, Y.F. (1996): *Arm-manipulator coordination for load sharing using compliant control* Int. Conf. on Robotics and Automation, Vol. 2, pp. 100-1005, 1996
- Karlheinz 1996
Karlheinz, J. (1996): *Management hybrider Produktionssysteme*. Diplomarbeit, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, 1996
- Längle und Rembold 1996
Längle, T. (1996); Rembold, U. (1996): *Distributed control architecture for intelligent systems*. Int. Symp. on Intelligent Systems and Advanced Manufacturing, Boston, Massachusetts, USA, Nov. 18-22, 1996
- Mehlhaus 1994
Mehlhaus, U. (1994): *Verteilte Programmierung zur Integration von Simulation und Steuerung von Robotern*. Dissertation, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, 1994
- Nassal 1996
Nassal, U. (1996): *Bewegungskoordination und reaktive Steuerung autonomer mobiler Mehrmanipulatorsysteme*. Dissertation, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, 1996
- Pritschow 1994
Pritschow G., Dalacker M., Kurz J.: "Automatisierte Mauerwerksfertigung mit mobilen Robotern: Neue Herausforderungen für die Steuerungs- und Sensortechnik". In: "Autonome Mobile Systeme" 10. Fachgespräch Stuttgart, (Eds) Levi P., Bräunl Th., Springer Verlag, pp.306-315, 13. und 14. Oktober 1994
- Pritschow *et al.* 1995
Pritschow, G. (1995); Dalacker, M.; Gaenssle, M. (1995): *High Tech at the job site: a Mobile Bricklaying Robot for Automated Construction of Masonry*. IAS Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems, Karlsruhe, März 27-30, 1995, pp. 621-626
- Reithofer 1996
Reithofer, W. (1995): *Virtual Enterprise Modelling and Simulation*. Next Generation Manufacturing System - Technical Conf., Magdeburg, Sept. 11-13, 1996
- Reithofer *et al.* 1995
Reithofer, W.; Janusz, B.; Raczkowski, J. (1995): *HIMAC Validation by Simulating Test Cases*. Proc. of the first Workshop A New Mathematical Approach to Manufacturing Engineering, Chania (Crete), Sept 28-30, 1995
- Schaude und Dillmann 1994
Schaude H., Dillmann R. (1994): *Integration of Sensor simulation for Telerobotic and Telepresence*. Proc. of IASTED Int. Conf. on Modeling, Simulation and Identification, Wakayama, Japan, 1994
- Spath *et al.* 1994
Spath, D.; Andres, J.; Bock, T.; Steffani, H.F. (1994): *Flexible Automatisierung im Mauerwerksbau*. In: *Autonome Mobile Systeme*. 10. Fachgespräch Stuttgart, Okt. 13-14, 1994, (Eds) Levi, P.; Bräunl, Th.; Springer Verlag, pp. 306-315

Yamamoto *et al.* 1996

Yamamoto, Y.; Eda, H.; Yun, X. (1996): *Coordinated Task Execution of a Human and a Mobile Manipulator*.
Int. Conf. on Robotics and Automation, Vol.2, pp. 1006-1011, 1996

5.3 Ebene C - Fertigung und Betrieb

5.3.1 Projekt C.1: Steuerung von Ausführungsplanungs- und Fertigungsprozessen

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. M.S. Fritz Gehbauer
Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen

Wissenschaftliche Fragestellung

Ziel des Forschungsvorhabens ist, den gesamten Bauprozess von der Herstellung der Baustoffe und Bauteile, über den Transport bis hin zur Baustellenfertigung und den Rückbau bzw. das Recycling zu untersuchen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll eine systematische Strukturierung und Neuordnung der betroffenen Arbeitsabläufe mit dem Ziel, den zum Teil sehr hohen Improvisationsanteil im Bauwesen zu verringern geschaffen werden. Grundlage dafür ist die Erarbeitung einer guten Informationslogistik (vergleiche Ebene A sowie Projekt C.2).

Es gilt sowohl konventionelle Verfahren zu verbessern, als auch neue Verfahren zu entwickeln und so eine Kostenreduktion durch den Einsatz neuer Technologien und Verfahrenstechniken zu erreichen. Verbesserungen im Bereich der Produktionsverfahren und Neuentwicklungen im Bereich der Baufertigung und -montage basieren auf einer Schwachstellenanalyse, die im Hinblick auf eine Kostenstrukturverbesserung durchgeführt werden soll.

Das heißt, es sollen Rationalisierungsmöglichkeiten im Bereich bereits bestehender Verfahren durch Verbesserung und Weiterentwicklung konventioneller Fertigungsverfahren aufgezeigt werden. Hierbei soll im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise unter Einbeziehung des gesamten Lebenszyklusses von der Entwicklung über den Unterhalt bis zum Recycling eine Kostenreduktion erreicht werden. Da im Bereich der Materialkosten eher geringe Kosteneinsparungsmöglichkeiten gesehen werden, liegt das größere Potential im Bereich der Arbeitsorganisation. Ansatzpunkt ist hier beispielsweise die Abstimmung der Ausbaugewerke.

Andererseits sollen neue Verfahren beispielsweise im Bereich der Montage großer vorgefertigter Bauteile entwickelt werden. Solche großen Bauteile sollen Fertigteile oder vorgefertigte Mauerwerksscheiben (z. B. [KIKö/91, AiHa/96]), die bereits Fenster und Installationen enthalten, sein (Zusammenarbeit mit C.5 bezüglich Geometrie der Bauteile, Anschlagpunkte). Ansatzpunkt hierfür bieten Beispiele im Bereich der Herstellung und Vorfertigung von Bauteilen (SÜBA [KIKö/91], Buck, Systemhauskonzepte).

Methodischer Ansatz

Die Simulation ist das entscheidende Hilfsmittel bei Untersuchung bestehender Fertigungsprozesse sowie beim Entwurf neuer Bauproduktionsverfahren. Im Bereich des Bauwesens ist dabei zu beachten, daß neben den kontinuierlichen Systemen, deren Dynamik durch Differentialgleichungen erfaßt werden kann, uns im Baubetrieb häufig Systeme begegnen, denen ein schrittweiser und damit diskretisierter Ablauf der verschiedenen Systemübergänge zugrunde liegt. Dies trifft beispielsweise auch auf die zu untersuchenden Montageprozesse zu. Zur Erstellung eines Simulationsmodells sowie zur Erstellung einer diskreten Steuerung sollen deshalb Petri-Netze (nach ihrem Erfinder Carl Adam Petri benannt) als Hilfsmittel eingesetzt werden (gute Möglichkeit zur Zusammenarbeit mit dem IPR). Zur Führung solcher Prozesse sind diskrete Steuerungen notwendig, die aus den Meßgrößen des Prozesses dessen Stellgrößen generieren [AbD/90].

Um eine Montage und den Einbau von Bauteilen untersuchen, simulieren und steuern zu können, muß zunächst ein geeignetes Simulationsmodell zur EDV gerechten Darstellung dieser Bauprozesse

entwickelt werden. Auf diese Weise kann der Bauablauf mit Hilfe der EDV optimiert werden. Die im Hinblick auf den Bauablauf optimale Simulationsvariante kann dann dazu herangezogen werden, die Daten für die automatische Steuerung eines Montageautomaten zu generieren. Dadurch wird es möglich die Bauteile durch einen noch zu entwickelnden Automaten einbauen zu lassen (gute Möglichkeit zur Zusammenarbeit mit wbk, RPK bezüglich Hardwareentwicklung).

Die Rationalisierung der zu untersuchenden Arbeitsabläufe / Produktionsverfahren im Hinblick auf konventionelle Verfahren als auch auf Neuentwicklungen vollzieht sich in den Schritten [SchE/92a]

1. Systementwicklung (Requirements- und Systemengineering) in Kooperation mit den an der Planung Beteiligten (ISL, MuB, VSHS, ifib, TA, DFI)
2. Programmwurf (Softwareengineering)
3. Schaltkreiswurf (Hardwareengineering) in Kooperation mit Bereichen Maschinenbau, Informatik (RPK, wbk, IPR)
4. Leistungsanalyse (Performance Evaluation) in Beteiligung aller am SFB Mitwirkenden

Stand der Forschung

Zum computergestützten Bauen gehört die flexible Herstellung unterschiedlicher Gebäudeteile im Vorfertigungsbetrieb ebenso wie ein integriertes System zur Planung, zum Bau und Betrieb von Gebäuden. Für ein marktgerechtes und rationelles Bauen von morgen müssen automatisierte Bauproduktionssysteme entwickelt werden [BoT/92]. Heute existierende Systeme fallen in den Bereich CAM im Bauwesen und stellen in der Regel Insellösungen einzelner Hersteller oder Betriebe dar (beispielsweise [EhW/93]). Ein integriertes System zur Planung, zum Bau und Betrieb von Gebäuden existiert nicht.

Petri-Netze sind seit der Dissertation von C. A. Petri im Jahre 1962 ständig weiterentwickelt worden. Heute gehören Petri-Netze zu den Standardmodellen der Informatik [AbD/90] und der Steuerungstechnik [HaH/92, KöQu/89, SchE/92a, SchE/92b]. Sie sind ein Werkzeug zur Modellierung und zur Analyse von Systemen. Insbesondere Aspekte der Nebenläufigkeit, Kommunikation und Synchronisation können mit ihnen bildlich wie auch mathematisch formal erfaßt werden. Verschiedene Analysemethoden erlauben es, mit Netzmodellen diskrete Systeme detailliert zu untersuchen [BaB/90].

Einen Überblick über die Literatur zu Petri-Netzen vermitteln [PIRe/90]. Dort wird eine große Anzahl der theoretischen und anwendungsbezogenen Arbeiten, die sich mit Petri-Netzen beschäftigen, aufgelistet.

Vorarbeiten

Im Bereich der Automatisierung, der Untersuchung und Entwicklung von CAD-Systemen, Systemen zur Steuerung von Informationsflüssen Montagesystemen und Robotern sind am Institut Forschungsarbeiten durchgeführt worden. Eine Auswahl dieser Arbeiten ist in der folgenden Liste angegeben:

- Dedeke, J.; Körner, H.
Optimierung von Montageabläufen im Stahlbetonfertigteiltbau. Beitrag zum 31. Forschungskolloquium des DAfStb, Universität Kaiserslautern, Oktober 1995
- Gebauer, F.
Informationsmanagement für das maschinenintensive Bauen, BMT, April 1991
- Gebauer, F.
Integration von Planung und Ausführung durch CAD. Wissenschaftliche Berichte der Hochschule Leipzig, Heft 4, 1991, 9. Int. Kongreß für industrielles Bauen
- Gebauer, F.
Moderne betriebliche Aspekte des Stahlhochbaus, in: Japan Bautechnik 69, Heft 10, Oktober 1992
- Gebauer, F. (Mitverfasser)
Expert Systems for Construction Site Layouts, Expertensystem zur Planung von Baustellen, IASBE Colloquium Beijing, 1993

Literatur

- [AbD/90] Abel, D.: Petri-Netze für Ingenieure
Springer-Verlag; Berlin, 1990
- [AiHa/96] Ainedter, D.; Hanser, C.: Die Zukunft ist schon Gegenwart
in BMT Baumaschine + Bautechnik, 5-6 1996, Seiten 25 - 28
- [BaB/90] Baumgarten, B.: Petri-Netze Grundlagen und Anwendungen
BI-Wissenschaftsverlag; Mannheim, Wien, Zürich, 1990
- [BoT/92] Bock, T.: Robotik und computerintegriertes Bauen
in BMT Baumaschine + Bautechnik, Nr. 4, August 1992, Seiten 245 -251
- [EhW/93] Ehlert, W.: CAD/CAM für Industriebauteile aus der Sicht CAD und PPS
in Betonwerk + Fertigteile-Technik, Heft 12/1993, Seiten 87-93
- [HaH/92] Hanisch, H.-M.: Modellierung und Steuerung verfahrenstechnischer Systeme
Oldenbourg Verlag; München, Wien, 1992
- [KIKö/91] Klein, U.; Köhler, W.: Mauerwerksscheiben
in Concrete Precasting Plant and Technology, 2/1991, Seiten 74 - 80
- [KöQu/89] König, R.; Quäck, L.: Petri-Netze in der Steuerungs- und Digitaltechnik
Oldenbourg Verlag; München, 1989
- [PIRe/90] Plünnecke, H.; Reisig, W. (Eds.): Bibliography of Petri Nets
Lecture Notes in Computer Science, Vol. 524
Springer-Verlag, Berlin, 1990, Seiten 317 - 572
- [SchE/92a] Schneider, E. (Herausgeber): Petri-Netze in der Automatisierungstechnik
Oldenbourg Verlag; München, 1992
- [SchE/92b] Schneider, E. (Herausgeber): Entwurf komplexer Automatisierungssysteme
Methoden, Anwendungen und Tools auf der Basis von Petri-Netzen
Fachtagung des Instituts für Regelungs- und Automatisierungstechnik der TU Braunschweig, 1992

5.3.2 Projekt C.2: Automatisierte Systeme in der Logistik

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik
Fakultät für Maschinenbau

Zielsetzung

Zur integrierten Gebäudeplanung und -fertigung sind die Möglichkeiten einer automatisierten Fertigung und deren Einbindung in eine Baustellenlogistik zu betrachten, um den Erstellungsprozeß künftig zu beschleunigen. Zum einen ist dabei für den Baustellenbetrieb der eigentliche Geräteeinsatz und zum anderen die resultierenden Materialbereitstellungskonzepte von großer Bedeutung. Nur durch konsequente Baustellenstrukturierung und die Betrachtung der Logistik als das wesentliche, verbindende Element ist ein rationeller Einsatz moderner Produktionstechnologien darstellbar.

Das Teilprojekt C.2 steht unter der Zielsetzung mögliche Automatisierungstechniken bei der Gebäudefertigung sowohl unter dem Gesichtspunkt der Ausführungsplanung als auch der nachfolgenden Steuerung der Fertigungsprozesse in den Bauablauf zu integrieren. Die Einbindung automatisierter Fertigungsprozesse zur Gebäudeerrichtung kann dabei auf unterschiedliche Weisen erfolgen. So ist es möglich, eine stationäre Vorfertigung innerhalb einer konventionellen Fabrikationsumgebung oder eine dezentrale, mobile Vorfertigung in Baustellennähe durchzuführen. Eine weitere Alternative bei geringerem Vorfertigungsgrad stellt der Einsatz mobiler Robotersysteme auf der Baustelle vor Ort dar. Solche Produktionseinrichtungen sind in der Vorfertigung teilweise bereits Stand der Technik [Aine93] bzw. bei der Baustellenautomatisierung im Prototypenstadium realisiert [SpAn96a], [PDKG96].

Stand der Forschung

Der Stand der Technik der Baustellenlogistik und insbesondere der Baustellenstrukturierung sieht bisher keine Berücksichtigung automatisierter Produktionstechnologien vor. So wird die derzeitige Bauausführung und Strukturierung vor allem unter optimierter Nutzung vorhandener Produktionsmittel betrachtet [Tomm94], [Lenn96]. Im umgekehrten Falle, d.h. unter Verwendung höher automatisierter Produktionstechnologien, erfolgt eine ansatzweise Baustellenstrukturierung nur im Hinblick auf den Geräteeinsatz vor Ort und der maschinennahen Bereitstellung jedoch bereits unter Berücksichtigung der Erhöhung des Vorfertigungsgrads [ESPR6450]. Aufbauend bietet sich hier eine Ausweitung des Themenfeldes zur konsequenten Einbindung unterschiedlicher Möglichkeiten der Automatisierung an.

Automatisierte Lösungen, die speziell in Japan verfolgt werden, sind auf die dortigen Verhältnisse hochstandardisierter Gebäude zugeschnitten und sind somit auf die Verhältnisse der hiesigen betrachteten Unikatfertigung nicht übertragbar [Maed94], [SaMi94].

Vorarbeiten

Eigene Vorarbeiten bestehen auf dem Gebiet der Bauautomatisierung und hier speziell auf der Konzeption und Realisierung eines mobilen Robotersystems zur Mauerwerkerrichtung auf Baustellen sowie ein rechnerunterstütztes System zur Arbeitsvorbereitung [ESPR6450]. Kernpunkte des wbk lagen dabei auf der eigentlichen Robotersystementwicklung bezüglich Kinematik und Effektoren [SABS94], [Andr95] als auch der automatisierten Generierung der Roboterprogramme zur Ausführung auf der Baustelle durch die Nutzung einer durchgängigen CAD/CAM Prozeßkette. Über das Verbundprojekt hinaus werden zudem Konzepte zur Automatisierung weiterer Gewerke im Innenausbau entwickelt [SpAn96b]. Weitere Vorarbeiten bezüglich der im Teilprojekt verbundenen Fragestellungen hinsichtlich Strukturierung des Produktionsumfelds und Einsatz relevanter Fertigungsmittel bestehen in der Fertigungsmittelpassung und -strukturierung innerhalb des Sonderforschungsbereichs „Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen“ [SFB346].

Wissenschaftliche Fragestellung

Die Fragestellung besteht in der Untersuchung automatisierter Fertigungsmöglichkeiten und deren Klassifizierung hinsichtlich der logistischen Einbindung in den Erstellungsprozeß auf der Baustelle. Desweiteren muß dabei eine Bewertung der Eignung der Fertigungstechnolgien unter Berücksichtigung möglicher Restriktionen durch das Baustellenumfeld - beispielsweise Zugänglichkeiten oder Tragfähigkeiten - oder die verwendeten Bauelemente vorgenommen werden. Daraus werden sich aufgrund der Anwendung unterschiedlicher Automatisierungstechniken und deren örtlichen Durchführung unterschiedliche Baustellenstrukturen ableiten lassen. Ein wesentlicher Gesichtspunkt neben dem Geräteeinsatz selbst ist die Integration einer jeweiligen Materialbereitstellung am Verarbeitungsort selbst bzw. durch Bestandspufferung in dessen Nähe. Dabei ist zu untersuchen in wie weit Lagerungs- und Bereitstellungskonzepte aus der klassischen Produktionstechnik zu übertragen bzw. abzuwandeln sind.

Voraussetzungen und Restriktionen der Fertigung können hier durch den Bauherrn oder durch die Planung vorgegeben sein bzw. im umgekehrten Falle bedingen die Anwendung bestimmter Fertigungs- und Automatisierungstechnologien die Planung als auch die spätere Ausführungssteuerung.

Als Ausblick für die zweite Antragsphase des Teilprojekts C.2 läßt sich eine Ausweitung des des dargestellten Rahmens zur Bestimmung der zeitlichen Aspekte in der Logistikkette darstellen. Dies bedeutet, daß sich, in Abhängigkeit der gewählten Fertigungs- bzw. Automatisierungstechnik und der sich ergebenden Baustellenstruktur, Zeitanteile für beispielsweise die Verarbeitung , der Transport von Maschinen und Material ableiten lassen. Somit wären künftig ausgehend vom Zeitpunkt des Bedarfs vor Ort Zeitpunkte für Bestellung und Fertigung ermittelbar. Im Laufe des Projekts ist zudem eine softwaretechnische Unterstützung denkbar.

Literatur

- [Aine93] AINEDTER D.: Wo der Roboter die Kelle schwingt, Sonderdruck Ziegelindustrie International Nr. 11/1993
- [Andr94] ANDRES J.: A Fault Tolerant Assembly Tool for the Masonry Robot System ROCCO. in: Product and Process Modelling in the Building Industry, 1st ECPPM, 1994, Dresden
- [ESPR6450] Robot Assembly System for Computer Integrated Construction , ESPRIT III Projekt Nr. 6450
- [Lenn96] LENNERTS K.: First Results of the Hybrid Object-Oriented System for the Optimization of the Construction Site Layout: ESBE. in: Proceedings of the 13th ISARC, 11-13 June, 1996, Tokyo
- [Maed94] MAEDA J.: Development and Application of the SMART-System. in: Proceedings of the 11th ISARC, 24-26 May, 1994, Brighton
- [PDKG96] PRTISCHOW G., DALACKER M., KURZ J., GAENSLE M.: Technological Aspects in the Development of a Mobile Bricklaying Robot. in: Automation in Construction, 1995, Band 4, Heft 2
- [SABS94] SPATH D., ANDRES J., BOCK T., STEFFANI H.: Flexible Automatisierung im Mauerwerksbau. in: Autonome Mobile Systeme 1994, Stuttgart
- [SaMi94] SAKAMOTO S., MITSUOKA H.: Totally Mechanized Construction System for Highrise Buildings (T-UP-System). in: Proceedings of the 11th ISARC, 24-26 May, 1994, Brighton
- [SFB346] Sonderforschungsbereich 346, Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen
- [SpAn96a] SPATH D., ANDRES J.: ROCCO, ein Serviceroboter für die Baubranche - Systemlösung zur flexiblen Automatisierung im Mauerwerksbau. in: TR Transfer Nr. 13, 1996, S. 18-22
- [SpAn96b] SPATH D., ANDRES J.: Concept of a Robot for Interior Building Trades by the Example of Wall Slits in Masonry. in: Proceedings of the 13th ISARC, June 11-13 1996, Tokyo
- [Tomm94] TOMMELEIN I. D.: Materials Handling and Site Layout Control. in: Proceedings of the 11th ISARC, 24-26 May, 1994, Brighton
- [WeSA95] WEULE H., SPATH D., ANDRES J.: Flexible Automation in Masonry Construction. in: Production Engineering Vol. II/2, 1995

5.3.3 Projekt C.3: Prognose der Dauerhaftigkeit und des Instandhaltungsaufwandes

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller
Institut für Massivbau und Baustofftechnologie
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen

Wissenschaftliche Fragestellung

Die Optimierung bzw. Minimierung der Kosten von Baukonstruktionen bei gleichzeitiger Erfüllung hoher Standards ist die vorrangige Zielsetzung bei der Planung und Realisierung von Baumaßnahmen. Dabei sind die Gesamtkosten zu betrachten, die neben den reinen Baukosten vor allem auch die Unterhaltungskosten beinhalten. So hat die Beanspruchung von Baukonstruktionen durch ihre planmäßige Nutzung, aber auch durch vorherrschende Umweltbedingungen unabdingbar zur Folge, daß zur Gewährleistung ihrer Gebrauchstauglichkeit in entsprechenden Zeitintervallen Instandhaltungs- und gegebenenfalls Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind. Die Frequenz und der Umfang solcher Maßnahmen hängen neben der Beanspruchung vor allem auch von der Wahl der Baustoffe, dem Aufbau der Konstruktionselemente und der Qualität der baulichen Ausführung ab. Eine zuverlässige Abschätzung von Unterhaltungskosten, aber auch von Kosten für die Erneuerung eines Bauwerkes ist nur dann möglich, wenn die Dauerhaftigkeit von Bauteilen prognostiziert und damit erforderliche Instandsetzungs- bzw. Instandhaltungsmaßnahmen zuverlässig kalkuliert werden können. Entsprechende Prognosemodelle sind bisher allerdings nicht bekannt geworden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, diese Lücke zu schließen und damit ein Werkzeug bereitzustellen, mit dessen Hilfe unter Berücksichtigung der Lebensdauer bzw. des Lebenszyklus eines Bauwerkes eine Optimierung der Kostensituation, basierend auf der Bewertung des baulichen Zustandes, herbeigeführt werden kann.

Methodischer Ansatz

Um das angestrebte Modell zur Prognose der Dauerhaftigkeit und des Instandhaltungsaufwandes bzw. des zeitlich veränderlichen Zustandes von Baukonstruktionen aus Mauerwerk und Beton herleiten zu können, bedarf es u.a. zunächst einer Charakterisierung und Klassifizierung der Beanspruchungen von typischen auszuwählenden Bauwerken. In weiteren Schritten müssen dann die bei den gewählten Bauwerkstypen auftretenden und in der Literatur dokumentierten Bauschäden und entsprechende Instandsetzungsaufwendungen betrachtet bzw. ausgewertet werden. Dies beinhaltet u.a. auch eine systematische Zusammenstellung, Analyse und Bewertung der sich abspielenden Schädigungsprozesse, die sich aus einer komplexen Wechselwirkung zwischen den Eigenschaften von Baustoffen und ihrer Beanspruchung ergeben. Gleichzeitig sind die Wartungs- und Instandsetzungsaufwendungen in Relation zum Maß der Beanspruchung bzw. Schädigungsgrad zu quantifizieren. Eine wesentliche Bedeutung besitzen in diesem Zusammenhang Kriterien für die Wahl des Zeitpunktes der Durchführung entsprechender Maßnahmen. Ausgehend von der Modellierung einzelner Korrosionsprozesse sind unter Berücksichtigung zufallsbedingter Einflußgrößen und Wechselwirkungen auf der Grundlage statistischer Ansätze integrale Prognosemodelle für die zunehmende Schädigung von Bauteilen bzw. Bauwerken herzuleiten. In Verbindung mit der geplanten Nutzungsdauer einer betrachteten Baukonstruktion lassen sich damit unter Berücksichtigung des erforderlichen Instandhaltungsaufwandes die über die Nutzungsdauer anfallenden Kosten abschätzen. Da die Prognosemodelle auch über die zeitliche Veränderung des baulichen Zustandes Aufschluß geben, können Erneuerungen oder Umbaumaßnahmen hinsichtlich Umfang und Kosten optimiert werden.

Stand der Forschung

In den vergangenen Jahren wurde im Lichte der zunehmend aufgetretenen Bauschäden der Wissensstand auf dem Gebiet der Korrosion bzw. Dauerhaftigkeit von Baustoffen und Bauteilen erheblich vorangetrieben [3, 6, 8]. Weiterhin liegen umfangreiche Dokumentationen über Bauschäden, ihre Entstehung und die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen vor [1, 11]. Soweit einzelne Korrosionsvorgänge bei Mauerwerk und Beton bzw. Stahlbeton betrachtet werden, sind heute die maßgeblichen Ursachen und Schädigungsmechanismen gründlich erforscht. Prognosemodelle im Hinblick auf die zeitliche Entwicklung von Schädigungsprozessen sind meist nur für einzelne Korrosionsmechanismen vorwiegend unter definierten Laborbedingungen und in Ausnahmen für Praxisbedingungen hergeleitet worden [2, 7, 8, 9, 10]. Was bisher aber weitestgehend fehlt, sind umfassende Prognosemodelle für die komplexe Schadensentwicklung unter realen Bauwerksbedingungen bzw. Modelle für die Prognose der Dauerhaftigkeit von Bauteilen und Bauwerken. Damit ist bislang auch eine Optimierung der Kostensituation bzw. der Unterhaltungskosten unmöglich.

Vorarbeiten

Das Institut für Massivbau und Baustofftechnologie betreibt seit vielen Jahren Forschung auf dem Gebiet der Korrosion und Dauerhaftigkeit von Beton, Stahlbeton und Mauerwerk [4, 5]. Insbesondere sind dabei sowohl Korrosionsmodelle als auch Verfahren für die Instandsetzung von Bauwerken entwickelt worden. Andererseits liegen durch die Tätigkeit des Instituts als amtliche Materialprüfungsanstalt umfangreiche Erfahrungen über die Entstehung und Entwicklung von Bauschäden und erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen vor.

Stellung innerhalb des geplanten SFB

Für eine kostenoptimierte Gebäudeherstellung und -nutzung, aber auch für Maßnahmen der Erneuerung und des Umbaus sind Kenntnisse über die zeitliche Veränderung des baulichen Zustandes bzw. über die Dauerhaftigkeit der Werkstoffe und Konstruktionsteile unverzichtbar. Schwerpunktmäßig werden sich Kooperationen mit den Teilprojekten A2, B3, B6 und C4 ergeben bzw. weiterentwickeln.

Literatur

- [1] Gieselmann, R., Stern, A., Zeyer, F.: Sanierungshandbuch Wohnungsbau - Probleme, Lösungen, Kosten. Werner-Verlag, Düsseldorf, 1994
- [2] Masters, L.W., Brandt, E.: Systematic methodology for service life prediction of building materials and components. Materials and Structures, Vol. 22, 1989
- [3] Müller, H.S. (Hrsg.): Korrosion von nichtmetallischen anorganischen Werkstoffen im Bauwesen. Tagungsband zum DFG-Abschlusskolloquium am 20. März 1996, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Karlsruhe, 1996
- [4] Müller, H.S., Hilsdorf, H.K.: Constitutive relations for structural concrete. In: CEB-Bulletin No. 217, Hrsg.: Comité Euro-International du Béton, Lausanne, 1993
- [5] Müller, H.S., Hilsdorf, H.K.: Übersicht über die Forschungsaktivitäten der Abteilung Baustofftechnologie. Tagungsband, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin, 1996
- [6] Rostam, S.: Durable concrete structures - CEB design guide. CEB-Bulletin No. 183, Hrsg.: Comité Euro-International du Béton, Lausanne, 1992
- [7] Rostasy, F.S., Bunte, D.: Dauerhaftigkeitsvorhersage für Stahlbeton-Außenbauteile. Forschungsbericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, 1992
- [8] Sjöström, Ch. (ed.): Durability of Building Materials and Components. Tagungsbände 1 und 2, F. & FN Spon, London, 1996
- [9] Sjöström, Ch., Brandt, E.: Feedback from practice of durability data - Inspection of buildings. CIB Report 127, International Council for Building Research Studies and Documentation (CIB), Rotterdam, 1990
- [10] Yang, Y.: Durability evaluation and lifespan prediction for buildings. Proceedings of the Sixth International Conference "Durability of Building Materials and Components 6", Volume 2, F. & FN Spon, London, 1993
- [11] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Selbstverlag, 1996

5.3.4 Projekt C.4: Charakterisierung des Rückbaus / Recyclings von Gebäuden

Projektleitung: Prof. Dr.rer.nat. Otto Rentz
Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Wissenschaftliche Fragestellung

Eine qualitativ hochwertige Aufbereitung der beim Abbruch von Gebäuden heterogen und möglicherweise mit Schadstoffen beladenen anfallenden Baustoffe durch Bauschutt aufbereitungsanlagen ist nur eingeschränkt und bestenfalls mit enormen technischen und wirtschaftlichen Aufwand möglich. Gebäude haben eine vergleichsweise lange Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten. Bei der Errichtung der derzeit zum Abbruch kommenden Gebäude wurden in der Regel keine für die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Aufbereitungsverfahren problematischen Baustoffe wie Verbundstoffe oder kontaminierte Materialien verwendet. Die Probleme einer Kreislaufführung gebrauchter Hochbaurestmassen dürften sich mit dem Rückbau des derzeitigen Gebäudebestandes in absehbarer Zukunft erheblich verschärfen, da in den Gebäuden jüngeren Baualters verstärkt die genannten Problemstoffe eingesetzt wurden. Umfassende integrierte Konzepte, die den Rückbau von Gebäuden, die Aufbereitung dabei anfallender Bauabfälle sowie den Einsatz von Sekundärbaustoffen umfassen liegen derzeit noch nicht vor.

Stand der Forschung

Zur Minderung des Anfalls von Baurestabfällen bei Bauprozessen und insbesondere beim Abbruch von Gebäuden sind u.a. Parameter wie Baustellenorganisation und -einrichtung, Planung der Materialflüsse sowie Platzbedarf bestimmend [1].

Zum kontrollierten Rückbau von Gebäuden wurden 1987 erste Konzepte zur Darstellung der Ablaufstruktur von Demontage- und Abbrucharbeiten durch Petzschmann vorgeschlagen [2]. Die Teildemontage von einigen Bauelementen oder Bauteilen beim Abbruch von Gebäuden wird derzeit auch bereits in einzelnen Fällen durchgeführt. Es handelt sich hierbei im wesentlichen um den Ausbau technischer Anlagen neueren Datums oder um erhaltenswerte Elemente, die sorgfältig ausgebaut, sortiert, gelagert und nach handwerklicher Instandsetzung zur Wieder- oder Weiterverwendung angeboten werden [3].

Der kontrollierte Rückbau ist Gegenstand einer zur Zeit als Entwurf vorliegenden DIN-Norm "umweltschonender Rückbau von Bauwerken" beim Normenausschuß Bauwesen des DIN. Dieser Entwurf umfaßt u. a. die Themen Rückbauplanung, Gefahrstoffe und Arbeitssicherheit beim Rückbau [4].

Darüber hinaus wird mittlerweile von einigen Kommunen die Vorlage von Rückbaukonzepten bei Beantragung einer Abbruchgenehmigung gefordert [5]. Konkrete Angaben zur Ausgestaltung solcher Rückbaukonzepte fehlen bislang. EDV-gestützte Planungs- und Informationssysteme liefern dem Planer lediglich Informationen über potentielle Gefahrenbereiche und die zur Verfügung stehenden Verwertungsoptionen in Form von Anbieterdatenbanken [6]. Methodische Hilfsmittel zur Umsetzung der vom Gesetzgeber geforderten Rückbaukonzeption im Sinne einer operativen Ablaufplanung von Demontage und Verwertung, die eine Abstimmung der Demontage auf die geforderten Verwertungsqualitäten sicherstellen, sind derzeit nicht vorhanden. Die Anwendung des vollständigen selektiven Gebäuderückbaus ist bis heute lediglich im Rahmen von Pilotprojekten realisiert worden [7] [8], [9], so daß Bauschutt noch größtenteils als heterogenes Gemisch anfällt.

- [1] Recycling, Rückbau und umweltgerechte Baustellenentsorgung, Verband Deutscher Baustoff Recycling Unternehmen e.V., Bonn, 1993.
- [2] Petzschmann: Recycling der Umwelt zuliebe, 1987.
- [3] BEL Bau Elemente Lager, Pressespiegel, Berlin, 1993.
- [4] DIN-Norm „Umweltschonender Rückbau von Bauwerken, Entwurf, , Berlin, Stand 1994.

- [5] Landeshauptstadt Düsseldorf (Hrsg): Geordneter Rückbau und Abbruch von baulichen Anlagen, Düsseldorf, Stand 1995.
- [6] Dederichs,A.; Grund, M.; Will, T.: Vorstellung und Anwendung des Expertensystems ARDPERT, in: Tagungsband des 10. Symposiums Recycling-Baustoffe, Mannheim, 1994.
- [7] Rentz, O.; Ruch, M.; Nicolai, M.; Spengler, T.; Schultmann, F.: Selektiver Rückbau und Recycling von Gebäuden, dargestellt am Beispiel des Hotel Post in Döbel, Ecomed Verlag, Landsberg, 1994.
- [8] Rentz, O.; Ruch, M.; Schultmann, F.; Sindt, V.: Etude scientifique de la déconstruction sélective d'un immeuble à Mulhouse, Endbericht, 1995.
- [9] Hettler, A.; Geyer, G.; Verspohl, J.: Industriestandorte: Lohnt sich ein selektiver Rückbau?, in: Bautechnik, 73 (1996), S. 269-274.

Zielsetzung

Durch eine integrierte Betrachtungsweise des Abbruchs/Rückbaus und des Recycling von Gebäuden sollen Konzepte zur Schließung der Baustoffkreisläufe auf einem möglichst hohen Niveau der Verwertung entwickelt werden. Das Projekt umfaßt daher insbesondere die Identifikation, Analyse und Quantifizierung der betroffenen Stoff- und Energieflüsse, die Auswahl und Bewertung von Demontage-, Sortier- und Verwertungstechniken sowie die Entwicklung eines Planungs- und Steuerungsinstrumentariums für den selektiven Gebäuderückbau und Recycling der anfallenden Massen.

Zur Charakterisierung der Stoff- und Energieströme während der Rückbau- und Recyclingphase eines Gebäudes sollen folgende Aspekte untersucht werden:

- Möglichkeiten und Grenzen der Auswertungen baulicher Unterlagen für die Planung von Rückbau/Abbrucharbeiten, Bestimmung der Anforderungen an und Weiterentwicklung bereits existierender Datenbanksysteme zur Erfassung rückzubauender Gebäude,
- techno-ökonomische Untersuchungen (Energieströme, Abfallaufkommen, Zeiten, Kosten,...) von Demontage-, Trenn- und Zerlegetechniken für Bauteile beim Rückbau von Gebäuden,
- Bestimmung der Zusammensetzung, Schadstoffbelastung und Mengen an anfallenden Baurestmassen für ausgewählte Gebäude,
- techno-ökonomische Charakterisierung von Sortier- und Aufbereitungstechniken zur Wiederverwendung gebrauchter Bauteile bzw. Verwertung der einzelnen Materialfraktionen,
- Entwicklung eines EDV gestützten Modells zur Bestimmung und Simulation optimaler Rückbau- und Recyclingvarianten in Abhängigkeit der gewählten Gebäude,
- Ableitung von Handlungsempfehlungen hinsichtlich demontage- und recyclingfreundlichem Design von Gebäuden.

Vorarbeiten

Am DFIU stellt die Entwicklung von Kreislaufwirtschaftssystemen für Baustoffe sowie für mit den Teilaufgaben der Abfallbeseitigung, der prozeßintegrierten Reststoffvermeidung, der Reststoff- und Altproduktverwertung sowie aller zugehöriger logistischer und organisatorischer Funktionen einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt dar. In diesem Zusammenhang wurden Projekte zum selektiven Rückbau und Recycling von Wohngebäuden durchgeführt. Basis für diese Untersuchung waren zwei Pilotbaustellen zum selektiven Rückbau von Gebäuden und der Verwertung der anfallenden Baurestmassen [Rentz 94] [Rentz 95]. Es handelte sich hierbei um experimentelle Arbeiten an zwei Gebäuden mit einem Bruttorauminhalt von ca. 5000 m³ bzw. 8400 m³. Ein besonderer Schwerpunkt der Forschungsarbeiten wird auf die Berücksichtigung schadstoffhaltiger Bauteile bei Demontage und Aufbereitung gelegt, um so gezielt die Qualität von Sekundärbaustoffen zu beeinflussen. Dafür wurden Stoff- und Schadstoffströme vom Gebäude bis zum Sekundärbaustoff dargestellt [Rentz 96].

Darüber hinaus wurden Arbeiten zur Aufbereitung von Baustoffen [Nicolai 94], und zur Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Sekundärrohstoffen durchgeführt. Dazu wurde eine Methodik zur Ermittlung der Substitutionspotentiale von natürlichen Rohstoffen unter ökonomischen und technischen Gesichtspunkten entwickelt und exemplarisch am Beispiel der Steine- und Erds substitution durch Recyclingbauschuttfraktionen angewandt [Valdivia 95].

Einen weiteren Schwerpunkt der Forschungsarbeiten bilden Modelle zur Entwicklung umweltgerechter Demontage- und Verwertungsstrategien für Gebäude. Diese wurden auf strategischer Planungsebene entwickelt und für Wohngebäude umgesetzt [Spengler 94] und werden derzeit auf taktisch-operativer Ebene weiterentwickelt [Schultmann 96]. Zielsetzung ist es hierbei, einerseits Strategien für kurz- und langfristig einsetzbare Maßnahmen zur Steuerung der Verwertungsquoten von Bauschutt zu entwickeln sowie die Bestimmung optimaler Rückbaustrategien für ausgewählte Gebäude.

Die hierdurch vorhandenen Erfahrungen und Daten bieten die notwendige Voraussetzung zur Entwicklung und Anwendung des vorgeschlagenen Ansatzes. Im Rahmen der genannten Forschungsprojekte bestehen Kontakte und Kooperationen zu den zahlreichen Aufbereitungs- und Sortieranlagen, Verbänden (Verband Deutscher Baustoff-Recycling-Unternehmen, deutscher Abbruchverband,...), mehreren Abbruchunternehmen sowie weiteren auf diesem Bereich tätigen Forschungsinstitutionen in Deutschland und Frankreich.

- [Nicolai 94] NICOLAI, M.: Zur Konfiguration von verfahrenstechnischen Anlagen für das wirtschaftliche Recycling von Bauschutt, Dissertation, Universität Karlsruhe, 1994
- [Rentz 94] RENTZ, O.; RUCH, M.; NICOLAI, M.; SPENGLER, T.; SCHULTMANN, F.: Selektiver Rückbau und Recycling von Gebäuden, dargestellt am Beispiel des Hotel Post in Dobel, Ecomed Verlag, Landsberg, 1994
- [Rentz 95] RENTZ, O.; RUCH, M.; SCHULTMANN, F.; SINDT, V.: Etude scientifique de la déconstruction sélective d'un immeuble à Mulhouse, Endbericht, Karlsruhe, 1995
- [Rentz 96] RENTZ, O.; RUCH, M.; SCHULTMANN, F.; SINDT, V.: Demontage und Recycling von Gebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit, Endbericht, Karlsruhe, 1996
- [Ruch 94] RUCH, M.; SCHULTMANN, F.; RENTZ, O.: A Case Study of Integrated Dismantling and Recycling Planning for Residential Buildings, in: Proceedings of the Conference on "Buildings and the Environment", Garston, Watford, UK, 16-20 Mai 1994
- [Schultmann 95] SCHULTMANN, F.; RUCH, M.; SPENGLER, TH.; RENTZ, O.: Recycling and Reuse of Demolition Waste - A Case Study of an Integrated Assessment for Residential Buildings, in: Proceedings of the R'95 International Congress Recovery, Recycling, Re-integration February 1-3, 1995, Genf, 1995, Bd. 1, S. 358-363
- [Schultmann 96] SCHULTMANN, F.; RUCH, M.; SINDT, V.; RENTZ, O.: Computer aided dismantling and recycling planning of buildings using project scheduling models, in: Proceedings of the 1996 WOBO Fourth World Congress, Hong Kong, 02.-08.11.1996
- [Spengler 94] SPENGLER, TH.: Planungsmodelle zur deckungsbeitragsmaximalen Demontage und Verwertung komplexer Verbundprodukte, Dissertation, Universität Karlsruhe, 1994
- [Valdivia 95] VALDIVIA, S.: Substitutionspotentiale für natürliche Rohstoffe durch Sekundärrohstoffe - dargestellt am Beispiel der Entwicklung regionaler Konzepte zum Bauschuttrecycling, Dissertation, Universität Karlsruhe, 1995

5.3.5 Projekt C.5: Anschlüsse und Bauteile im Holzbau für eine integrierte Gebäudeplanung und -fertigung

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Blaß
Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen

in Kooperation mit: Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik
Fakultät für Maschinenbau

Wissenschaftliche Fragestellung und Stand der Forschung

Im Holzbau sind sehr unterschiedliche Produktionsmethoden mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden verbreitet. In der Fertighausproduktion erfolgt eine nahezu komplette Vorfertigung im Werk, die zum Teil bereits automatisiert ist. Standardisierte Bauteile werden verwendet, Schnittstellen zwischen Planung und Fertigung sind oft vorhanden. Bei der Herstellung von Brettschichtholz gibt es eine teilweise Vorfertigung im Werk, die Bauteile stellen jedoch meist Einzelanfertigungen dar und in der Regel sind keine Schnittstellen zwischen Planung und Produktion vorhanden. Diesen teilautomatisierten Bereichen steht der große Bereich des handwerklichen Holzbaus in Zimmereien gegenüber: Bauteile und Konstruktionen sind durchweg Einzelanfertigungen, der Automatisierungsgrad ist niedrig, die Vielfalt von Anschlüssen unüberschaubar, es gibt keine Standardquerschnitte der Hölzer, eine Übertragung der Planungsdaten erfolgt manuell.

Gerade auf dem Gebiet des handwerklichen Holzbaus liegt ein sehr großes Verbesserungspotential durch integrierte Gebäudeplanung und -fertigung, um Kosten- und Zeiteinsparungen, Qualitätssteigerungen und verbesserte Arbeitsbedingungen zu erreichen. Hierbei ist auch im Hinblick auf eine mögliche Automatisierung von Bauabläufen bzw. auf eine einfache Montier- und Demontierbarkeit an eine Entwicklung standardisierter Holz- und Holzwerkstoffabmessungen und vor allem Anschlüsse mit hierzu geeigneten Verbindungstechniken gedacht.

Diese Standardisierung wird eine einfachere und schnellere Planung und eine kostengünstige Produktion ermöglichen.

Neben der Standardisierung von Hölzern und Verbindungen sind aber auch Standardlösungen für bestimmte Bauteileinheiten (Wände, Decken, Dächer) zu entwickeln, die ebenfalls den Planungs- und Fertigungsaufwand verringern und so zu einer Rationalisierung und Kostensenkung des Bauens beitragen. Hierbei ist, z. B. im Übergang Wand - Decke, auch auf einen standardisierten Übergang zu anderen Baustoffen zu achten. Da Standardlösungen für Querschnitte, Verbindungen und Bauteile beinahe beliebig miteinander kombinierbar sind, bleibt die Möglichkeit der Unikatfertigung erhalten.

Bei der Entwicklung von Standardlösungen sind die Belange aller am Bau beteiligten Gewerke zu berücksichtigen. Gleichzeitig müssen aber auch gewisse Anforderungen der Holzkonstruktionen (trockene Lagerung der Bauteile, schneller Schutz vor Witterung, geringe Baufeuchte) frühzeitig in die Planung mit einbezogen werden, um mangelhafte Bauausführung oder spätere Schäden zu vermeiden.

Schon bei der Auswahl der Baustoffe (Holz oder Holzwerkstoffe), vor allem aber beim Entwurf der Holzkonstruktion ist die Bauwerkserhaltung zu berücksichtigen. Dazu zählen Möglichkeiten der nachträglichen Inspektion (Zugänglichkeit, Verfügbarkeit von geeigneten Untersuchungsmethoden), wie auch Reparaturmöglichkeiten ohne große Eingriffe in das Gesamtbauwerk.

Schließlich ist bei der Wahl des Baustoffes und der Konstruktion die Entsorgung und/oder das Recycling zu berücksichtigen. Hierzu gehört z.B. ein minimierter Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln (Vorrang für den konstruktiven Holzschutz) und die Berücksichtigung einer einfachen Demontierbarkeit.

Vorarbeiten

Die Abteilung Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine ist seit Jahrzehnten mit der experimentellen Erforschung von Verbindungsmitteln und Verbindungstechniken des Holzbaus befaßt. Gleichzeitig wurden Eigenschaften von Holz- und Holzwerkstoffen und vor allem in jüngerer Zeit auch das Trag- und Verformungsverhalten von Bauteilen und Bauelementen ermittelt. Seit 1985 wird im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke“ an der Entwicklung von „in-situ“ Prüfverfahren zur Bauwerksdiagnostik gearbeitet. Ein weiteres Arbeitsgebiet im Rahmen des SFB 315 ist die Entwicklung von Reparatur- und Instandsetzungsmaßnahmen für Holzkonstruktionen. Alle genannten Gebiete sind für eine integrierte Gebäudeplanung und -fertigung auf dem Gebiet des Ingenieurholzbau relevant.

Einige ausgewählte Veröffentlichungen des Antragstellers bzw. von Mitarbeitern der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, die als erste Vorarbeiten zum geplanten SFB gesehen werden können, sind im folgenden zusammengestellt.

- GÖRLACHER, R., KROMER, M. (1992): Untersuchung alter Holzkonstruktionen: Ermittlung von Spannungen in einem Bauteil. Bauen mit Holz 94(1992), 912-919
- GÖRLACHER, R. (1992): Bauzustandsanalyse für historische Holzkonstruktionen. Bauzeitung 46(1992), 650-652
- BLAß, H.J., EHLBECK, J., SCHLAGER, M. (1996) Trag- und Verformungsverhalten von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. Forschungsbericht der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Universität Karlsruhe.
- BLAß, H.J., EBERHART, O. EHLBECK, J., GEROLD, M. (1996): Wirkungsweise von eingeleimten Gewindestangen bei der Aufnahme von Querkraften in gekrümmten Biegeträgern und Entwicklung von Bemessungsgrundlagen. Forschungsbericht der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Universität Karlsruhe.

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik befaßt sich zum einen im Rahmen der Bauautomatisierung mit geeigneten Fügetechniken und Entwicklung dazugehöriger Effektoren zur flexiblen Handhabung und fehlertoleranten Positionierung von Mauersteinen im Bereich des robotisierten Mauerwerksbaus (ANDRES ET AL. 1994), und zum anderen mit der montage- und demontagegerechten Produktgestaltung in der herkömmlichen Produktionstechnik (BERNHART 1992.). Desweiteren werden Verfahren zur Demontage im Bereich technischer Konsumgüter entwickelt (TRITSCH 1996).

- ANDRES J., BOCK T., GEBHART F., STECK W.: First Results of the Development of the Masonry Robot System ROCCO: a Fault Tolerant Assembly Tool. In: Proc. of the 11th ISARC, 24-26 May 1994, Brighon
- BERNHART, W.: Bewertung von Montier- und Demontierbarkeit in der Entwurfsphase als Element eines Lifecycle-Design. In: VDI-Berichte 999, 1992, Düsseldorf, S. 297-316
- TRITSCH, C.: Flexible Demontage technischer Gebrauchsgüter. Ansatz zur Planung und (teil-)automatisierten Durchführung industrieller Demontageprozesse. Dissertation wbk Universität Karlsruhe (TH), 1996

Zielsetzung und methodischer Ansatz

Ziel dieses Teilprojektes ist es, standardisierte und optimierte Anschlüsse und Bauteile zu erarbeiten. Dazu sind zunächst systematische Erfassungen der bisher verwendeten Möglichkeiten notwendig, die z.B. nach Art der Beanspruchung sowie Zugehörigkeit zu Gebäudeelementen (Dach, Wand, Decke) zu ordnen sind. Die Herstellung der Anschlüsse und Bauteile ist nach einer möglichen Automatisierungsgerechtigkeit und im wesentlichen nach ihrer Montage- und Demontagegerechtigkeit zu untersuchen und bewerten.

Nach Abwägung verschiedener Kriterien (Tragfähigkeit, Automatisierungsmöglichkeiten, erwartete Dauerhaftigkeit, etc.) sind Lösungen für die weiteren Untersuchungen auszuwählen. Diese Lösungen sind für eine integrierte Gebäudeplanung und -fertigung zu optimieren. Dazu gehören Optimierungen hinsichtlich Vorfertigung, Montage, Wartung, möglicher Reparatur, Demontage, Wiederverwendung, Recycling. Gleichzeitig sind Integrationen in Planungs- und Fertigungsabläufe zu berücksichtigen.