

# Entwicklung eines verteilbaren und kooperativ nutzbaren objektorientierten CAAD-Produktmodellierkerns

Thomas Hauschild, Reinhard Hübler  
{hauschild|huebler}@biwv.informatik.uni-weimar.de  
Lehrstuhl für Informations- und Wissensverarbeitung  
Bauhaus-Universität Weimar

## 1. Zielstellung

Zielrichtung des Projektes ist eine bessere Unterstützung der kooperativen Aspekte im Bauwerksentwurf. Damit stehen einerseits geeignete Technologien zur Ablösung des Offline-CAD-Datenaustauschs und andererseits die Anwendbarkeit von 'ComponentWare' und damit Techniken zur Ablösung von monolithischen Anwendungen im Blickpunkt des Projektinteresses. Um die Lebensdauer der Bauwerksmodelle nicht von vornherein einzuschränken, wird bei der Projektbearbeitung auf die Unabhängigkeit von einzelnen Hard- und Softwareplattformen großen Wert gelegt. Zum Zwecke der Integration von nicht oder schwer formalisierbaren Daten soll die Einbindbarkeit von Hypermediainformationen in das CAD-Bauwerksmodell gesichert werden.

Das Projekt ist unter anderem als Weiterentwicklung des am selben Lehrstuhl entstandenen PREPLAN/FlexOb-Systems gedacht [Steinmann 95] und soll dieses System um die genannten Aspekte erweitern. Außerdem ist geplant, die Datenbasis des in Entwicklung befindlichen Programmsystems mit einer AKO-konformen Schnittstelle auszustatten, um mit anderen in diesem Kontext entstehenden Applikationen kommunizieren zu können [AKO 97].

## 2. Projektmotivation

Der Entwurf von Bauwerken ist ein Prozeß, der unter anderem durch eine ausgeprägte Kooperation zwischen einer ganzen Reihe von Projektpartnern gekennzeichnet ist. Diese arbeiten dabei nur selten am gleichen Ort und teilweise zeitversetzt. Trotzdem können die am Bauwerksentwurf beteiligten Bearbeiter durchaus als Team<sup>1</sup> im CSCW-Sinne<sup>2</sup> betrachtet werden. Die Realisierung einer effektiven Teamunterstützung muß mit dem in Architektur- und Planungsbüros zu verzeichnenden Einsatz von rechnergestützten Lösungen in stark heterogenen Umgebungen in Bezug auf Hardware, Rechnernetzen, Betriebssystemen, Fachsoftware usw. umgehen können.

In der Kooperation zwischen verschiedenen derartigen Büros ist heute zu beobachten, daß CAD-Datenaustausch häufig durch Postversand von Datenträgern oder durch OffLine-Datenfernübertragung [Haas 93] erfolgt. Andererseits ist es durchaus kein Einzelfall, daß CAD-Daten zwischen den Projektbearbeitern nicht ausgetauscht werden, obwohl entsprechende CA-Techniken bei allen Beteiligten eingesetzt werden. Gründe dafür sind vor allem in der Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von CAD-Konvertern zu suchen. Bei der Anzahl heute im Bauwesen einsetzbarer CAD-Systeme ist keine Lösung dieses Problems zu erwarten, da einerseits die umfassende Erstellung von 1:1-Konvertern zu komplex und andererseits die Anwendung von Konvertern mit neutralen Zwischenformaten problematisch ist, da im allgemeinen ein Informationsverlust durch 'Normierung' der Daten erfolgt [Duffy 95].

---

<sup>1</sup> „Teams are small, cohesive works groups that have a job to get done - often a big job on a tight deadline.“ [Johansen 88]

<sup>2</sup> „... CSCW is understood to be a generic term which combines the understanding of the way people work in groups with the enabling technologies of computer networking and associated hardware, software, services and techniques.“ [Wilson 91]

Alternativen zum Bau einer Vielzahl von Konvertern stellen einerseits genormte, neutrale Dateiaustauschformate oder andererseits proprietäre Quasistandards dar. Neben den schon oben genannten Informationsverlusten existieren Probleme mit deren Entwicklungsaufwand, Effizienz und Restriktionen [Duffy 95]. Außerdem gestatten diese Formate sehr häufig nur reinen Zeichnungsdatenaustausch. Diese Probleme können vermutlich mit der Entwicklung und Anwendung von EXPRESS und STEP bzw. STEP-2DBS verringert werden. Leider ist diese Norm äußerst komplex und in bestimmten Teilbereichen nicht völlig konsistent. Es ist aber augenscheinlich, daß Dateiaustauschformate im allgemeinen als zu restriktiv für die Entwicklung von GroupWare-Systemen<sup>3</sup> anzusehen sind [Borghoff 95].

Nebenher ist zu bemerken, daß objektorientierte Bauwerksmodelliersysteme, die auf eine Anwendung im Sinne von GroupWare ausgerichtet sind, nicht nur bei der Gruppenkooperation hilfreich sind, sondern auch durchaus eine geeignete Architektur für modulare Softwaresysteme im Sinne von ComponentWare zur Unterstützung der Aufgaben einzelner Projektbearbeiter darstellen können.

Als Fazit ist festzustellen, daß die heute im Bauwesen praktizierten Techniken des CAD-Datenaustauschs in Bezug auf die rechnerbasierte Unterstützung kooperativer Bearbeitung nicht als befriedigende Lösungen angesehen werden können.

### 3. Aspekte der Auswahl der technischen Basis

Als Interoperabilitätsmodell wurde die Common Object Request Broker Architecture (CORBA) der Object Management Group (OMG) und als Implementierungssprache Smalltalk-80 gewählt.

Als Gründe für CORBA [OMG 92] [OMG 96] sind die ausgereifteste Unterstützung verteilter Objekte [Orfali 96] und die Verfügbarkeit auf sehr vielen Hardware- und Betriebssystem-Plattformen zu nennen. Für Smalltalk-80 sprechen die hohe Entwicklungseffizienz, die Eignung für Rapid-Prototyping, die Möglichkeiten der laufzeitdynamischen Klassendefinition und -redefinition sowie die gute Verfügbarkeit hochentwickelter Entwicklungs- und Laufzeitumgebungen. Als konkrete CORBA-Implementierung wird ParcPlace-Digitaltalk Distributed Smalltalk (DST) eingesetzt.

### 4. Konzeption des kooperativ nutzbaren Modellierkerns

#### 4.1. Verteilung des Bauwerksmodellierkerns

Grundsätzlich existieren bei der Implementierung von verteilter GroupWare die Alternativen einer zentralisierten oder einer replizierenden Architektur bzw. von Mischformen zwischen beiden [Greenberg et al. 92]. Bei der Auswahl einer geeigneten Architektur sind Kompromisse zwischen entweder einer relativ einfachen Synchronisation und Konsistenzsicherung oder Robustheit und besserem Laufzeitverhalten einzugehen.

Für die Architektur des zu implementierenden verteilbaren Objektsystems wurde eine hybride Lösung gewählt (Abb.). Dabei sind die Informationen eines Bauwerksgesamtmodells auf mehrere Maschinen aufteilbar, das heißt jeweilige Partialmodelle befinden sich auf den Rechnern der entsprechenden Entwurfsbeteiligten. Diese Forderung ist zwingend, um die Netzlast zu reduzieren und um somit ein angemessenes Interaktionsverhalten zu sichern. Um nötige allgemeine Informationen über das Gesamtprojekt bereitzuhalten, existieren ein oder mehrere Server, die Daten über die Projektbeteiligten, deren Rechte, die Orte der Speicherung von Partialmodellen und ähnliches bereitstellen. An diese Server sind besondere Forderungen in Bezug auf die Diensteverfügbarkeit, Leistungsfähigkeit sowie an Datenschutz- und sicherheit zu stellen.

Bei der Konzeption des Systems kann nicht von einer ständigen Verfügbarkeit einer Kommunikationsverbindung zwischen Projektarbeitern ausgegangen werden, obwohl dafür weniger technische Gründe verantwortlich sind. Beispielsweise könnte der Abgleich der Modellinformationen

---

<sup>3</sup> „Groupware are computer-based systems that support groups of people engaged in a common task (or goal) and that provide an interface to a shared environment.“ [Ellis 91]

periodisch in definierten Intervallen erfolgen. Daher müssen Zugriffe auf Informationen aus fremden Partialmodellen unter Umständen auch zeitversetzt durchführbar sein, um die Arbeitsfähigkeit der am Bauwerksentwurf Beteiligten von der momentanen Verfügbarkeit des Kommunikationsmediums unabhängig zu halten. Diese Vorgehensweise erfordert Möglichkeiten der lokalen Replikation von Informationen aus fremden Partialmodellen, die eng mit der eigenen Projektsicht verknüpft sind.

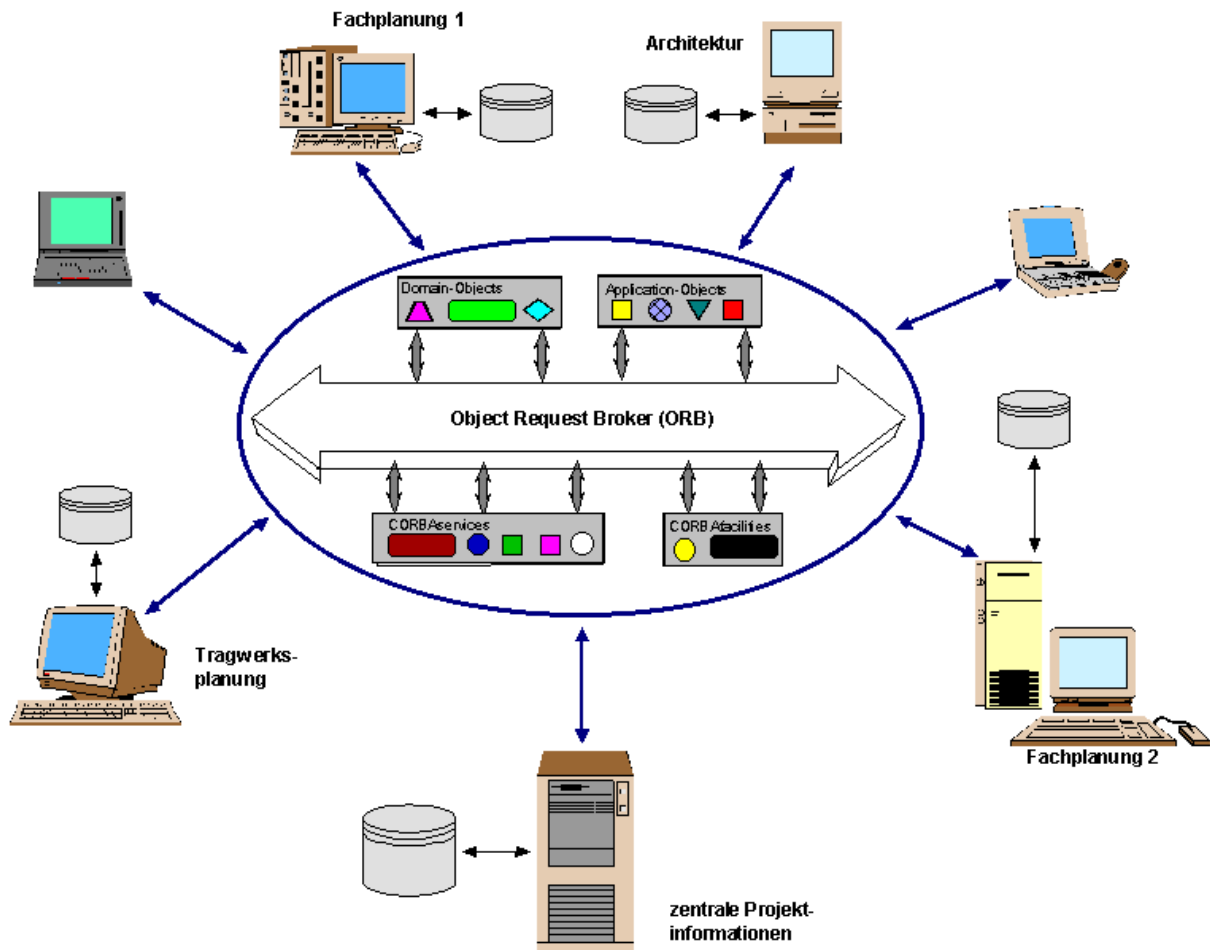


Abbildung: Architektur des verteilten Objektsystems

Die parallele und kooperative Arbeit an einem Bauwerksmodell zieht die Notwendigkeit nach sich, Mechanismen für Concurrency Control und Transaktionen zu implementieren, um das Bauwerksmodell auch nach komplexeren Updates in mehreren Partialmodellen möglichst konsistent zu halten. Ob eine optimistische Strategie in diesem Modellansatz praktikabel ist, muß noch untersucht werden. Eine derartige Vorgehensweise erhöht bei den hier unter Umständen auftretenden langen Transaktionen die Wahrscheinlichkeit einer Abort-Operation, die zum Verlust einer größeren Menge Arbeit führen würde [Greif 88]. Problematisch erscheint allerdings derzeit noch das Verbergen dieser Konzepte vor dem Nutzer, besonders die Signalisierung von Transaktionsbeginn und -ende.

Während des Bauwerksentwurfs muß die Modellkonsistenz auf mehreren Ebenen überwacht werden. Auf unterster Ebene muß die Bereitstellung der korrekten und aktuellen Attributwerte gesichert werden. Auf Partialmodellebene ist zu sichern, daß die Entwurfsdaten (Instanzen) mit ihren Klassen korrelieren. Dies ist nicht grundsätzlich gegeben, da Klassen zur Beschreibung von Nutzerwissen zur Laufzeit definiert und vor allem redefiniert werden können. Auf oberstem Niveau sind einerseits die Konsistenz der Relationen zwischen den Partialmodellen zu überwachen und andererseits definierte Zustände nach bestimmten Phasen des Bauwerksentwurfes zu verwalten. Diese Zustände markieren den Abschluß gewisser Phasen bzw. das Erreichen bestimmter Zwischenziele im Bauwerksentwurf. Die Sicherung der Konsistenz obliegt in unteren Niveaus dem Systemkern, in höheren Schichten muß eine

Aufgabenteilung zwischen Systemkern und Client-Anwendung stattfinden, da hier Wissen über die Semantik der Informationen im Objektsystem vorauszusetzen ist.

#### 4.2. Kooperatives Arbeiten

Um kooperative Bearbeitung zu ermöglichen, müssen Kollisionen zwischen Bearbeitern erkannt werden, die diese dann interaktiv beseitigen können. Kollisionen auf Objektmodellebene äußern sich beispielsweise in abgebrochenen Transaktionen. Es erscheint kaum realisierbar (und im Sinne des Teamansatzes nicht anstrebenswert), Automatismen zur Konfliktbehebung zu implementieren, da dafür das System mit tieferen Wissen über die Problemdomäne ausgestattet werden müßte.

Wesentlich ist die Bereitstellung von Sichten in Form von Partialmodellen. Die jeweilige Sicht auf das Objektmodell ergibt sich aus der Rolle eines Bearbeiters im Bearbeitungsprozeß [Greif 88]. Dabei kann unter Umständen ein Nutzer mehrere Sichten annehmen oder eine Sicht von mehreren Bearbeitern geteilt werden. Hat ein Nutzer mehrere Sichten, sollten diese einzeln ein- und ausblendbar sein. Die Sichten der Bearbeiter können nach identischen Rollen gruppiert werden, weiterhin ist zu untersuchen, ob eine hierarchische Strukturierung sinnvoll und hilfreich ist. Die Zuordnung der Zugriffsrechte auf bestimmte Modellteile erfolgt nach einer Identifikation der Entwurfsbearbeiter. Diese wird durchgeführt, um eine Zugangskontrolle zu den Daten im Objektsystem zu ermöglichen. Das ist notwendig, um die Modelldaten vor unbefugtem Zugriff zu schützen und somit die Verbindlichkeit der genannten Informationen zu sichern. Nutzer dürfen daher Informationen nur in den Modellteilen ablegen bzw. modifizieren, in denen sie eine entsprechende Berechtigung haben. Diese Berechtigungen werden in einer Liste verwaltet, die von den 'Dateneigentümern' modifiziert werden kann.

Zwischen den Partialmodellen wird eine spezielle 'entspricht' - Relation realisiert. Das ist notwendig, da reale Objekte, die mit Hilfe des Bauwerksmodellierkerns abgebildet wurden, potentiell verschiedene Ausprägungen in den einzelnen Partialmodellen finden. Mit Hilfe dieser Relation werden die Abhängigkeiten zwischen den Partialmodellen modelliert. Weiterhin kann diese Relation dazu genutzt werden, eine 'Werte-Propagation' vorzunehmen, sofern dies von den Bearbeitern gewünscht wird. Es ist möglich, daß diese Relation zwischen Klassen definiert wird und somit auf Instanzen übertragen werden kann, in anderen Fällen müssen diese Relationen interaktiv durch einen Bearbeiter festgelegt werden.

Die einzelnen Nutzer müssen in die Lage versetzt werden, bestimmte Bereiche des Modells zu sperren, das heißt bestimmte Objekte im Modell werden auf Anforderung gegen Update- und/oder Lesezugriffe geschützt. Die Granularität der zu sperrenden Bauwerksmodellbereiche soll dabei so klein wie möglich gehalten werden, um die Behinderung anderer Bearbeiter zu minimieren. Der Verursacher einer Sperre soll von allen Bearbeitern ermittelt werden können, außerdem ist es denkbar, die von Greif/Sarin [Greif 88] vorgestellte Reservierung von Sperren auf Bereichen im Datenmodell zu realisieren. Ferner muß ein Mechanismus zur Aufhebung von Sperren implementiert werden, der ein versehentliches Aufrechterhalten einer Sperre vermeidet.

Es wird zwischen öffentlichen und privaten Arbeitsräumen unterschieden. Damit wird einerseits Gruppeninteraktion gewährleistet, indem Projektinformationen bestimmten oder allen Bearbeitern zur Verfügung gestellt werden. Andererseits ist es nötig, das Ablegen privater Notizen und lokale Veränderungen des Modells zu Erprobungszwecken zu gestatten. Derartige lokale Veränderungen können später, sofern sie erfolgreich verliefen, in das gemeinsame Objektmodell übertragen werden.

Um Gruppenkooperation zu ermöglichen, werden Remote-Pointer-Mechanismen implementiert. Derartige Techniken sind, besonders in Verbindung mit anderen *tele-presence* - Techniken, nutzbringend für Gruppenkooperation und -interaktion. Diese Remote-Pointer sollen in allen Arten von Präsentern implementiert werden, also sowohl für graphische als auch für nichtgraphische Darstellungen. Presenter sind Systembestandteile mit der Aufgabe einer reinen Datendarstellung und entstehen durch Anwendung von DST's Semantic-Presentation-Split, einer Variante des Smalltalk-80 MVC-Paradigmas. Außerdem ist es denkbar, daß Techniken für elektronische Meetings in das System aufgenommen werden, obwohl darauf hingewiesen werden muß, daß dertige Remote-Meeting-Techniken nicht im vordringlichen Interesse der Projektbearbeitung liegen. Hierbei wird vorerst vor allem an parallele Audioverbindungen gedacht. Diese Techniken sind als Hilfsmittel zur kooperativen Behebung der Folgen kollidierender Entwurfsintensionen konzipiert.

### 4.3. Allgemeine Aspekte bezüglich des Objektsystems

Analog zu PREPLAN [Steinmann 95] werden vom Modellierkern sowohl Entwurfstätigkeiten in Top-Down- als auch in Bottom-Up- Richtung unterstützt. Die natürliche Vorgehensweise, welche von marktüblichen CAD-Systemen nahezu nicht unterstützt wird, ist der Top-Down-Entwurf, was letztendlich schrittweise Verfeinerung bedeutet. Dies impliziert, daß der Systemkern mit fehlenden oder unscharfen Werten umgehen können muß. Das wird über anwenderspezifisierbare Standardannahmen erreicht. Bei der Modifikation von Attributen sind relaxierbare Restriktionen einzuhalten, bei deren Überschreitung wird der Bearbeiter benachrichtigt. Andererseits wird dem Bearbeiter ermöglicht, den Modellierkern mit persönlichen Wissen durch Definition eigener Klassen anzureichern, die vorerst nur facettsierte Attribute und in einer späteren Ausbaustufe des Systems auch einfache Methoden enthalten können. Natürlich ist auch die Redefinition existierender Klassen möglich. Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß die Wahl der Implementierungssprache Smalltalk-80 die Implementierung dieser Features signifikant erleichtert.

Um abgeschlossene Entwurfzustände wiederherstellen zu können, wird der Bauwerksmodellierkern mit einer Versionsverwaltung ausgestattet werden. Es ist vorstellbar, Truth-Maintenance-Techniken zu integrieren, um dem Nutzer effektive Undo- und Redo- Möglichkeiten bereitzustellen, um die Exploration von Entwurfalternativen effektiv zu unterstützen. Derartige Techniken sind besonders wichtig, wenn mehrere Bearbeiter kooperativ an gemeinsamen Daten arbeiten, da die Gefahr einer unbeabsichtigten Modifikation in derartigen Umgebungen höher ist [Greif 88].

Es ist notwendig, in einem kooperativ nutzbaren Gebäudemodell die Integration von multimedialen/hypermedialen Daten (Bilder, Audio, Video, Texte) vorzusehen, um das Bauwerksmodell mit nichtformalisierten Wissen anzureichern und dieses allen am Entwurf Beteiligten zugänglich machen zu können. Ferner ist die Speicherung von CAD-Datenfiles und Informationen über solche wünschenswert.

## 5. Stand der Bearbeitung (Ende 1996)

Der Systemkern des vorgestellten kooperativen Bauwerksmodelliersystems befindet sich im Übergang zur Testphase. Derzeit sind erste Applikationen und einige erweiterte Systemdienste in der Designphase. Für einige Features des Systems bestehen bereits erste Testprototypen.

## 6. Geplante Weiterentwicklung des Systems

Neben den im vierten Abschnitt genannten Vorhaben ist geplant, über die entstehende AKO-Schnittstelle [AKO 97] bestimmte Module des PREPLAN-Konzepts anzubinden. Dabei wird vor allem an das FUNPLAN-System (Unterstützung des funktionalen Entwurfs) gedacht. Ein Prototyp des GENPLAN-Systems (Unterstützung des Gestaltentwurfs) soll über das verteilbare Objektsystem mit den anderen Modulen kommunizieren. Ebenso ist die Anbindung eines EXPRESS-Interfaces über diese Schnittstelle geplant. Damit wäre es möglich, nutzerdefinierte Klassenbeschreibungen mit ähnlichen Systemen austauschbar zu halten. Weiterhin soll die Koppelbarkeit des Systems mit offenen Drittsystemen über eine Wrapper-Applikation nachgewiesen werden. Als solche kommen offene CAD-Systeme in Betracht, welche die Rolle des KONSPLAN-Systems (Unterstützung des konstruktiven Entwurfs) im PREPLAN-Konzept übernehmen könnten.

## 7. Literatur

- [AKO 97] Ranglack, D.; Kolbe, P.; Steinmann, F. 'Eine Schnittstelle für dynamische Objektstrukturen für Entwurfsanwendungen' in diesem Band ,  
IKM 1997 Weimar

- [Baecker 93] Baecker,R.M. (Hrsg.) 'Groupware and computer supported cooperative work' Morgan Kaufmann, San Mateo CA, 1993
- [Borghoff 95] Borghoff,U.;Schlichter,J. 'Rechnergestützte Gruppenarbeit. Eine Einführung in Verteilte Anwendungen' Springer Verlag Berlin 1995
- [Diaper 93] Diaper,D.; Sanger,C. ( eds. ) 'CSCW in Practice : An Introduction and Case Studies' Springer Verlag London 1993
- [Duffy 95] Duffy,D.J. 'Interoperability Issues in CAD Software Development ' Objects in Europe 1995 : 4
- [Ellis 91] Ellis,C.A.; Gibbs,S.J.;Rein,G.L. 'Groupware - Some Issues and Experiences' , Communications of the ACM 34:1,38-58(1991)
- [Greenberg et al. 92] Greenberg,S.; Roseman, M.; Webster, D.; Bohnet, R. 'Issues and Experiences Designing and Implementing Two Group Drawing Tools' Proceedings of the 25th Annual Hawaii International Conference on the System Sciences, Hawaii, January 1992, Vol.4, pp. 139-150
- [Greif 88] Greif,I.; Sarin,S. 'Data Sharing in Group Work', 2nd Version in [Greif88a]
- [Greif 88a] Greif,I. (ed.) 'Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings' Morgan Kaufmann , San Mateo CA , 1988
- [Haas 93] Haas,W. (Hrsg.) 'CAD-Datenaustausch-Knigge : STEP-2DBS für Architekten und Bauingenieure ' Springer Verlag Berlin 1993
- [ISO 94] International Organization for Standardization 'Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange- Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual' ISO 10303-11:1994(E) Genf
- [Johansen 88] Johansen,R. 'Groupware - Computer Support for Business Teams' Free Press New York 1988
- [OMG 92] The Object Management Group 'The Common Object Request Broker: Architecture and Specification ' OMG Document Number 91.12.1, Revision 1.1 Framingham MA 1992
- [OMG 96] The Object Management Group 'The Common Object Request Broker: Architecture and Specification ' OMG Document Number 96.03.04, Revision 2.0 Framingham MA 1996
- [Orfali 96] Orfali,R.; Harkey,D.; Edwards,J. 'The Essential Distributed Objects Survival Guide' John Wiley & Sons, Inc. New York 1996
- [Steinmann 95] Steinmann,F.; Hübler,R. 'Knowledge support for functional and shape oriented design of buildings' Proceedings 6.CCBE, Berlin, July 1995, P.Pahl(ed.), Balkema Rotterdam 1995
- [Steinmann 95a] Steinmann,F.; Hübler,R.; Hauschild,Th. 'Knowledge Support for Functional Design of Buildings' Proceedings IABSE Colloquium Bergamo, March 1995
- [Wilson 91] Wilson,P. 'Computer Supported Cooperative Work' Intellect Books, Oxford U.K. 1991
- [Winograd 89] Winograd, T. 'Groupware: The Next Wave or Just Another Advertising Slogan', IEEE Intellectual Leverage Digest of Papers, COMPCON 1989