

# BUILD-IT eine Team-Sch für CAD

Martin Bichsel,  
Markus Meier,  
Matthias Rauter

## Wie werden Computer teamfähig?

Trotz der Entwicklung der Informationssysteme hin zu verteilten und vernetzten Umgebungen ist die Arbeit mit solchen Systemen bisher weitgehend einzelplatzorientiert geblieben. Dafür ist das Fehlen einer für die teamorientierte Computerbenützung geeigneten Mensch-Maschine-Schnittstelle wesentlich verantwortlich. Seit Beginn der Computertechnik hat es nicht an Versuchen gefehlt, die Interaktionsmöglichkeiten zwischen Rechner und Mensch vielfältiger zu gestalten. Manche scheiterten an begrenzten technischen Möglichkeiten, andere erweisen sich als eher kompliziert und unkomfortabel für Benutzerinnen und Benutzer.

Die ersten Anläufe schon in den sechziger Jahren, die Schrift- und Spracherkennung als Eingabeverfahren nutzbar zu machen, scheiterten an den damals zu begrenzten technischen Mitteln. Auch heute liegen noch keine befriedigenden Lösungen für diese Probleme vor. Beide Erkennungsverfahren werden heute als Teil umfassenderer Entwicklungen betrachtet, welche die Ausnützung der Gesamtheit der Körperbewegungen und sinnlichen Wahrnehmung als Interface zum Ziel haben

# nittstelle

Bei der Planung von Gebäuden oder industriellen Anlagen sind viele beteiligt. Computer Aided Design hat zwar das Erstellen und Verändern von Plänen vereinfacht, doch am Bildschirm arbeitet jeder allein. Wie wäre es, wenn das Planungsteam gemeinsam am virtuellen Modell seine Entscheidungen finden und erproben könnte? Drei Institute von ETH und Universität Zürich haben sich im Projekt BUILD-IT zusammengetan, um eine solche Schnittstelle für die gruppenorientierte Arbeit mit CAD-Werkzeugen zu entwickeln. Erste Anwendungen im Anlagenbau haben grosse Beachtung gefunden.

und die als Natural User Interface bezeichnet werden. Im Gegensatz dazu kennen wir auch artifiziere Interaktionsmittel wie Helm und Handschuh, welche die Basis für Virtual Reality (virtuelles Begehen und Besehen von computergenerierten Räumen) bilden.

Die klassische Schnittstelle Mensch-Rechner, Bildschirm und Tastatur, hat zwar sukzessive Erweiterungen erfahren: hinzukamen die Maus, die das Ansprechen der Funktionalitäten über Tastenkombinationen überflüssig machte, sodann das Tablett mit Griffel oder der Touchscreen. Die Interaktion Mensch-Rechner blieb jedoch weiterhin einzelplatz-orientiert. Obwohl sich mit dem Ausbau der firmeninternen Client/Server-Netze und der öffentlichen Datennetze neue Möglichkeiten des teamorientierten Arbeitens, unter Umständen über grössere Distanzen hinweg, auftaten, scheiterte die rechnergestützte Zusammenarbeit einer Arbeitsgruppe am Fehlen einer geeigneten Schnittstelle. Die Grossbildprojektion stellt zwar ein Ausgabegerät für eine grössere Betrachtergruppe dar, aber es fehlt die Ergänzung durch ein entsprechendes Eingabegerät, sodass es nach wie vor nicht möglich ist, eine grössere Zahl von Personen computergestützt interaktiv und in Echtzeit

zusammenarbeiten zu lassen.

## Teamorientiertes CAD mit vielen Vorteilen

Eine Schnittstelle für teamorientiertes Arbeiten würde vor allem für den Einsatz von CAD bei der Planung, Entwicklung und Konstruktion in der Industrie und im Bauwesen benötigt. Ein Beispiel für diese Bedarfssituation ist der Anlagenbau, der in der Vorprojekt- und Planungsphase durch mehrfache interaktive Arbeitszyklen gekennzeichnet ist. Der typische Ablauf der Vorbereitungsphase war bisher folgender:

- Der Auftraggeber tritt an einen potentiellen Lieferanten mit einem Anforderungsprofil heran.
- Der Lieferant erarbeitet auf der Basis von Grundrissen und mit Hilfe von Symbolen für die Anlagenkomponenten einen oder mehrere Konzeptvorschläge.
- In mehreren Treffen, die mit aufwendigen Reisen, Verzögerungen durch Postsendungen und dgl. verbunden sind, wird ein Layout festgelegt.
- Zwischen den Treffen arbeitet der Lieferant meist auf sich allein gestellt, weil aus Kostengründen auf weitere Treffen verzichtet wird, das heisst, der Auftraggeber

ist nicht direkt mitgestaltend beteiligt. Dadurch können sich grössere Diskrepanzen der Auffassungen ergeben, die nachträglich aus dem Weg geräumt werden müssen, nachdem bereits wertvolle Zeit verstrichen ist.

Die Unterlagen für die Projektphase werden zwar heute im allgemeinen mit Hilfe von CAD-Systemen erarbeitet, aber da es an einer geeigneten Schnittstelle Mensch-Maschine fehlt, müssen sich Diskussionen über die Gestaltung der Anlage auf papierbasierte Dokumente (Pläne und verschiebbare, aus Papier ausgeschnittene Symbole oder reale physische 3-D-Modelle der Anlagenkomponenten) stützen. Dieses Verfahren ist zwar flexibel und eignet sich auch für die Diskussion am Verhandlungstisch, aber die Zwischenschaltung von Papier verursacht einen Medienbruch. Die Änderungen können nur zeitversetzt auf das CAD-System zurückübertragen werden, und eine gewisse Fehleranfälligkeit bleibt bestehen.

Solange mit Papierdokumenten gearbeitet wird, bleiben ferner die Möglichkeiten des modernen CAD wie 3-D-Darstellung und Animation, das heisst die Möglichkeit, einen Wirklichkeitsraum künstlich zu erzeugen (Virtual Reality) oder durch zusätzliche

An der ETH und der Universität Zürich befassen sich schon seit einiger Zeit verschiedene Institute aus unterschiedlichen Perspektiven mit dem Problem der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Zusammenhang mit CAD-Verfahren. Die Institute haben sich zum gemeinsamen Projekt BUILD-IT zusammengefunden. Am Institut für Arbeitspsychologie der ETH (Prof. Ulich) suchte Dr. Rauterberg, Mitarbeiter des Instituts, nach einer Möglichkeit, die Interaktionsschleife Design-darstellung-Designveränderung zu schliessen.

Bei der Lösung der damit verbundenen Bildverarbeitungsprobleme konnte sich Dr. Rauterberg auf das diesbezügliche Know-how am Multimedia-Lab der Universität (Prof. Stucki) stützen. Dr. Bichsel, Spezialist auf dem Gebiet der Bildverarbeitung und Gestikerkennung, brachte seine Erfahrungen bezüglich Erkennung und Interpretierung von Objektbewegungen sowie auch der Darstellung hochkomplexer Objekte auf einer Projektionsfläche mit Hilfe der an diesem Institut entwickelten Multimedia-Entwicklungs-Software MET++ in das Projekt ein.

Am Institut für Konstruktion und Bauweisen (IKB) der ETH (Prof. Markus Meier) arbeitet eine Forschungsgruppe am Thema Produktdaten-Management (PDM) unter Einsatz von Informationstechnologien. Man interessiert sich dafür, unter Einsatz des oben beschriebenen Verfahrens, ausgehend von scharfen oder unscharfen Kundenanforderungen und einer Palette von vorgegebenen Elementen, Anlagen oder Maschinen vollautomatisch zu konfigurieren. Das Engagement des Instituts in dem Schnittstellenprojekt ergab sich aus Erfahrungen und Kontakten heraus, über die das Institut im Sektor Anlagenbau verfügt und die es als den nötigen Praxisbezug in das Projekt einbringt. Dr. Bichsel, der inzwischen in das IKB übergewechselt ist, und Dr. Rauterberg haben in Zusammenarbeit im IKB eine Anlage für die Gruppenarbeit an einem Besprechungstisch realisiert.

## Wie funktioniert die virtuelle Planung am runden Tisch konkret?

Der Projektor der Vorrichtung projiziert beispielsweise den Grundriss einer Halle vertikal auf die Tischfläche. Die verfügbaren Anlagenteile werden als 3-D-Bildmodelle am Rand des Plans bereitgehalten. Wird das Klötzchen, das die Funktion der Maus ersetzt und erweitert, auf eines dieser Elemente bewegt, so ist es selektiert und kann durch Verschieben des Klötzchens auf dem Grundriss hin und her bewegt werden. Auch Drehen des Objekts ist möglich. Im Gegensatz zur Maus fallen bei dieser Interaktionsmethode der Ort und die grafische Anzeige zusammen. Dadurch erhält der Benutzer den Eindruck, dass er das Element direkt mit seinen Fingern anfasst und manipuliert. So können geeignete Positionen für das Bauteil gesucht und eventuelle Konflikte mit andern Baugruppen oder konstruktiven Randbedingungen gelöst werden. Jeder der um den Besprechungstisch versammelten Diskussionsteilnehmer kann ins Geschehen eingreifen. So kann sich eine im höchsten Grade interaktive Planung entwickeln. Dadurch, dass jede Änderung sofort sichtbar wird, können wesentlich mehr Varianten analysiert werden. Die Planung gewinnt dadurch an Ideenreichtum und führt zu einem verbesserten Ergebnis. Die Konsensfindung wird erleichtert und der ganze Planungsprozess erheblich beschleunigt. Die Mittel und Möglichkeiten von CAD

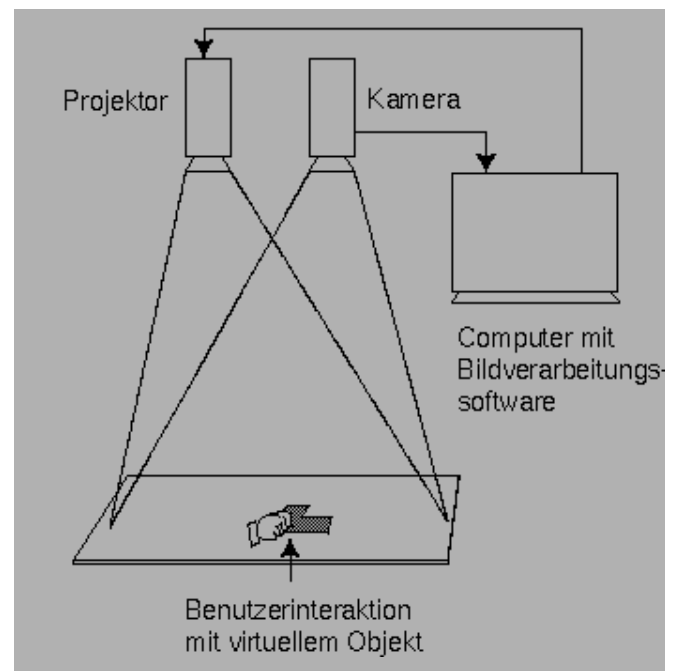
Perspektiven zu erweitern (Augmented Reality), unausgenutzt, und das in einer Phase, wo es um Konsensfindung innerhalb eines grösseren Personenkreises geht. Durch diese Möglichkeiten wird jedoch der Computer erst vom passiven Handwerkszeug zum aktiven Instrument für den Designprozess und erweitert damit wesentlich das Kreativitätspotential.

verschiedener Hochschulinstitute (vgl. Kasten) konnten Erkenntnisse aus der Arbeitsphysiologie, Bildverarbeitung und praxisbezogene Erfahrungen aus dem Bereich Anlagenbau kombiniert werden. Die Entwicklung der Schnittstelle ist bis zum Stadium des Prototyps gediehen.

Mit einer Mensch-Maschine-Schnittstelle für teamorientiertes Arbeiten auf CAD-Basis würde die Anzahl der Planungszyklen verringert und damit die Planungsphase insgesamt verkürzt. Die Projektteilnehmer würden direkter und ohne Ausnahme in den Planungsprozess einbezogen, und Missverständnisse, Zweifel oder Fehler würden damit vermieden. Durch die erhöhte Flexibilität bei der Behandlung von Varianten und die gleichzeitige Darstellung des Planungsobjekts in verschiedenen Perspektiven würden der Variantenreichtum, der Gehalt und die Fehlerfreiheit des Designs erhöht.

### Vom Konzept zum Prototyp

Soviel zur Idee. Um diese zu realisieren, musste Fachwissen aus den verschiedensten Forschungsbereichen zusammenkommen. Dank der Zusammenarbeit



können bei der Planung voll eingesetzt werden. Der Ablauf des Geschehens kann festgehalten werden, indem die Zustände in verschiedenen Zwischenstadien gespeichert werden. So besteht die Möglichkeit, zu früheren Stufen zurückzukehren, wenn sich ein Lösungspfad durch Sachzwänge als verbaut herausstellt.

Als erste Erweiterung des Grundkonzepts wurde die 3D-Darstellung der Anlage auf einer weiteren, vertikalen Projektionsfläche hinzugefügt. Die Auswirkungen einer Designänderung können somit aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden, wenn nämlich das 3D-Modell drehbar, animierbar oder virtuell begehbar gemacht wird. Der Blickwinkel und der

Standort der Betrachtung können beispielsweise gewählt werden, indem eines der Designelemente als virtuelle Kamera definiert wird, die ebenso wie die anderen Elemente mit dem Klötzchen verschiebbar ist.

### Noch unausgeschöpfte Möglichkeiten

Erste Priorität hat für die Entwickler der neuen Schnittstelle die Erprobung in der Realität. Auch ist ihnen bewusst, dass die Schnittstelle noch in anderen Varianten verwirklicht werden kann und weitere Funktionalitäten erschliesst. Bereits ist eine tragbare Version in Vorbereitung. Später soll

die Gruppenarbeit an getrennten Standorten über Datenverbindungen hinzukommen.

Im Moment wird die Entwicklung als ETH-internes Projekt vom Zentrum für integrierte Produktion (ZIP) und mit Mitteln des IKB finanziert. Ergänzend bestehen bereits Kooperationen mit verschiedenen deutschen und Schweizer Unternehmen.

Die Anwendungen des Verfahrens reichen selbstverständlich weit über den Anlagenbau hinaus. Sie umfassen Gebiete wie beispielsweise den Schienen- und Strassenbau, die Luft- und Raumfahrt, die Fahrzeugentwicklung, die Projektierung bei städtischen Versorgungsbetrieben oder gar die Vorbereitung von chirurgischen Eingriffen.

## BUILD-IT – eine teamorientierte Benützerschnittstelle für CAD

Der Prototyp der Benützerschnittstelle besteht aus folgenden Hardwarekomponenten:

- einem hochauflösenden LCD-Grossbildprojektor, mit dem der Grundriss der Anlage sowie die verfügbaren Baugruppen als 3D-Modelle vertikal auf die weisse Fläche des Besprechungstischs projiziert werden;
- einer CCD-Kamera, die das projizierte Bild beobachtet;
- einem kleinen Metallklötzchen mit reflektierender Oberfläche (Eingabeelement), dessen Position, Ausrichtung und Bewegung von der CCD-Kamera registriert werden. Mit dem Klötzchen werden Designelemente selektiert, verschoben und gedreht. Die Selektion wird aufgehoben durch Abdecken des Klötzchens mit der Hand;
- einer Workstation Silicon Graphics O2 mit Prozessor R5000 und einem Standard-Audio-Video-Board.

Wahlweise kann auf einem zweiten Projektionsschirm mit Hilfe eines weiteren LCD-Projektors eine 3-D-Darstellung der Anlage gezeigt werden.

Projektoren und Kamera sind mit der Workstation verbunden, auf der die folgenden miteinander gekoppelt arbeitenden Softwarekomponenten installiert sind:

- die Echtzeitanalyse des Kamerabildes, mit deren Hilfe die Bewegungen und die Orientierung des Klötzchens dekodiert werden;
- die Multimedia-Applikation MET++, mit der die Benutzeraktivitäten interpretiert und in Szenenänderungen der horizontalen und vertikalen Projektionsbilder umgerechnet werden.



Institut für Konstruktion und Bauweisen der ETH Zürich



Markus Meier, Professor für Maschinenkonstruktion am Institut für Konstruktion und Bauweisen der ETH Zürich



Dr. Matthias Rauterberg, Institut für Arbeitspsychologie der ETH Zürich

