

Bernd Robben und Ingrid Rügge

## Mit den Händen beGreifen: Real Reality

„Dreingreifen, packen ist das Wesen ieder meisterschaft. Ihr habt das der Bildhauerey vindiziert, und ich finde dass ieder Künstler so lang seine Hände nicht plastisch arbeiten nichts ist. Es ist alles so Blick bey euch, sagtet ihr off. Jetzt versteh ich's tue die Augen zu und tappe.“

*Goethe: Brief an Herder vom 10.7.1772*

Wie Goethe möchten wir von Herder lernen. Wir fragen uns: Ist es wirklich nötig, bei der Arbeit mit dem Computer auf den Bildschirm zu starren und die Hände an Tastatur und Maus zu fesseln? Sind wir damit nicht weit von der Meisterschaft entfernt? Weil Begreifen nicht nur etymologisch etwas mit Greifen zu tun hat, haben wir uns bei der Entwicklung unserer Computer-Schnittstelle der Hand verschrieben. Auch bei den üblichen graphischen Benutzungsschnittstellen gibt die Hand die Daten ein. Jedoch die Rückkopplung erfolgt dort über graphische Visualisierungen, wodurch die Aktionen der Hand gesteuert werden. Die Hand begreift nicht mehr die Gegenstände, die sie direkt manipuliert, sondern indirekt virtuelle Repräsentationen: Sie arbeitet nicht plastisch.

Für diejenigen, die bisher mit Stift und Papier am Schreibtisch gearbeitet haben, mag die Graphische Benutzungsschnittstelle nach der Desktopmetapher angemessen sein. Wie ist es aber bei denen, die Werkstoffe verarbeiten, verformen, produzieren, transportieren? Walter P. Chrysler, der Gründer der großen amerikanischen Autofirma, erzählt in seiner Autobiographie, wie er als Lehrling ohne jede Zeichnung ein Lokomotivenmodell baute, das „in meinem Kopf so wirklich und vollständig existierte, daß es dort drei Dimensionen zu haben schien ... Meine Finger waren ein Einlaßventil, durch das meine inneren Vorräte gefüllt wurden; natürlich halfen mir meine Augen und Ohren, aber was ich mit meinen Fingern und Augen lernte, vergesse ich anscheinend niemals.“ (Ferguson 1993, S.54)

Die sogenannten „Computer aided“- oder „Computer integrated“-Techniken erfordern dagegen von den BenutzerInnen eine Einschränkung der Sinne auf den Gesichtssinn und überfordern oft ihre Abstraktionsfähigkeit. Obwohl es heute viele Simulationsprogramme mit relativ anschaulichen Visualisierungen gibt, kehren Pla-

nerInnen von Fertigungsanlagen oder großen Systemen immer wieder zu stofflichen und anfaßbaren Modellen aus Papier, Plastik oder Holz zurück. Diese bieten einen Raum für das vorstellbare, am Problem orientierte Gespräch einer Gruppe und verengen die zu bewältigende Aufgabe nicht auf die Perspektive der Visualisierung des jeweiligen Simulationsprogramms.



Abb.1: Planung am stofflichen Modell (Scheel 1994)

Um Mißverständnissen vorzubeugen: Hier soll natürlich nicht der Sinn von Simulationsprogrammen bestritten werden. Wir setzen sie selbst ein. Ihre Stärken zeigen sie, wenn sie Verborgenes oder Abstraktes visuell darstellen, also eine neue Sinn-dimension hinzufügen und eine Art Probehandeln mit abstrakten Zusammenhängen ermöglichen. Aber sie können das Gespräch vor und mit handfest greifbaren Modellen nicht ersetzen. Zwischen der physisch stofflichen Wirklichkeit und virtuellen Computermodellen tut sich eine Kluft auf, die nie vollständig überwunden werden kann und vielleicht auch nicht sollte.

Unsere Forschungsfrage ist, ob es nicht auch andere Möglichkeiten zu Übergängen und Übersetzungen zwischen beiden Bereichen gibt als die bisher üblichen. Das Ziel ist eine Mensch-Computer-Schnittstelle, die die Erfahrung im herkömmlichen Umgang mit Form und Stoff erhält, aber den Rechner in seinen Stärken des Archivierens, Suchens, Rechnens, Vergleichens und Variierens nutzt. Um das zu erreichen,

koppeln wir die physisch stofflichen Modelle mit Computerrepräsentationen. Die NutzerInnen arbeiten wie gewohnt im Realen, konzentrieren sich auf das Problem, der Rechner bleibt im Hintergrund. Gegenüber Ansätzen der virtuellen Realität haben wir einen Vorteil: Schwerkraft, Reibung und die ganze Widerständigkeit des Materials bleiben erhalten. Die Gegenstände lassen sich begreifen. In Absetzung zum „Virtual Reality“-Konzept nennen wir unseren Ansatz etwas ironisch „Real Reality“.



Abb.2: Arbeit an einem *Real Reality* Modell

### Methoden der Umsetzung

Was müssen wir leisten? Mehrere Personen bauen mit Gegenständen ein Szenario auf. Diesen Aufbau gilt es elektronisch zu erfassen und synchron dazu ein virtuelles Computermodell zu generieren. Um nun Elemente einer realen Szene dem Rechner zugänglich zu machen, gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten: Eine Sensorisierung der Gegenstände oder eine Sensorisierung der Hand. Wir wählen den zweiten Weg, weil wir dadurch unabhängig sind von den Objekten, die zur Modellierung benutzt werden. Zur Erfassung der Handposition und zur Erkennung von Gesten und Griffen benutzen wir einen Datenhandschuh mit Trackingsystem. Hand, Realmodell und das virtuelle Modell werden kalibriert. Dadurch wird ein wohldefinierter Anfangszustand bestimmt.

Zu jedem realen Objekt gibt es ein virtuelles Zwillingsojekt, das dessen Geometrie isomorph abbildet und formale Objektattribute enthält. Objekte werden in der Szene durch ihre Position bestimmt. Sie befinden sich zunächst in einem Baukasten, zu dem virtuell ein Zwillingbaukasten existiert. Mit Hilfe des Datenhandschuhs erkennt der Rechner, wenn ein Element aus dem Baukasten gegriffen und in die Szene eingefügt wird. Das Lösen des Griffes legt dann die neue Position des Objekts fest. Durch wiederholtes Greifen, Bewegen und Loslassen von Objekten entstehen nach und nach zwei Modelle: ein gegenständlich anfaßbares und ein virtuelles im Computer.

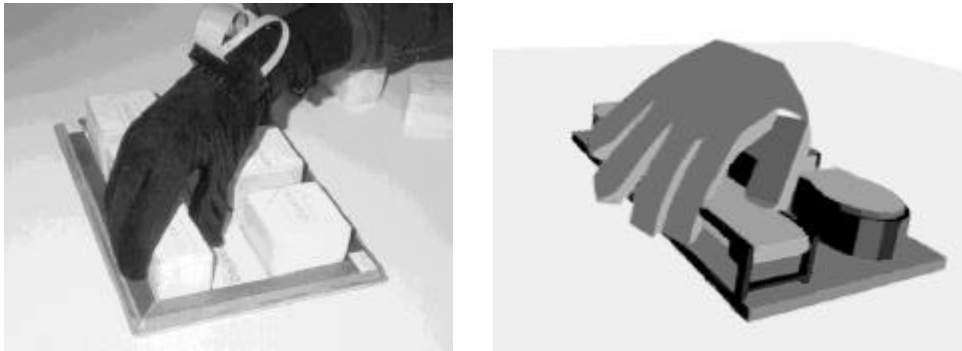


Abb.3: Gegenständliches und virtuelles Zwillingsojekt

Jede Bewegung der Hand mit einem gegriffenen Objekt wird als Attribut des entsprechenden virtuellen Zwillingsobjekts protokolliert und gespeichert, so daß nicht nur der statische Aufbau des Szenarios sondern auch das dynamische Verhalten des Modells im Rechner zur Verfügung steht. Diese Eigenschaft kann beispielsweise dazu genutzt werden, die Konstruktion eines Modells aus vorgefertigten Bausteinen im Sinne eines Replays am Bildschirm jederzeit und beliebig oft zu wiederholen.

Darüber hinaus läßt sich das virtuelle Modell mit herkömmlicher Software koppeln, zum Beispiel mit verschiedenen Simulatoren. Die Bewegung und Positionierung im Gegenständlichen wird – vermittelt über die formalen Attribute der virtuellen Zwillingsobjekte – dem Anwendungsprogramm zugänglich gemacht. Dieses wiederum interpretiert die Attribute in seinem jeweiligen Kontext, d.h. es gibt jedem Attribut eine konkrete anwendungsspezifische Bedeutung, so daß ein und dieselbe Bewegung im Gegenständlichen in verschiedenen Anwendungen ganz unterschiedliche Wirkungen hat. Bei einer ausgewählten Anwendung ist diese Ankopplung so weit gelungen, daß mit der Hand am realen Modell eine Steuerung erzeugt wird: Wir geben Regeln für den Simulationsablauf durch Vormachen im Realen mit gegenständlichen Modellelementen ein.

Die Rückkopplung des virtuellen Modells erfolgt auf verschiedene Weise:

- ? während des Modelliervorgangs im Gegenständlichen durch die akustische Rückkopplung der Griffereignisse
- ? als perspektivische, dreidimensionale Visualisierung der Modellgeometrie und Animation der Dynamik via Bildschirm oder Großbildprojektion
- ? aber auch als Generierung abstrakter Repräsentationsformen, wie beispielsweise SPS-Programme oder Petri-Netze
- ? und last but not least als Steuerung eines mechanisch-funktionalen Anlagenmodells, an dem physikalische Randbedingungen deutlich werden.<sup>1</sup>

Gerade die letzten beiden Punkte machen den Bogen deutlich, den wir von der Realität in die Virtualität und dann wieder zurück in eine modifizierte – also neue – Realität spannen.

### **Technische Realisierung**

Das vorgestellte Konzept ist als Prototyp realisiert (siehe Brauer, Bruns, Schäfer 1997). Dieser „Real Reality Modeller“ besteht aus einem aus Hard- und Software konfigurierten, verteilten und wiederverwendbaren System, das für beliebige Anwendungen einen Rahmen (Framework) bietet und die grundlegenden Module wie Gerätekontrolle, Netzwerkverbindungen und Objektmanagement beinhaltet. Die gewählte Client-Server-Architektur regelt über Kommunikationsschnittstellen (Internet-Protokolle) den Austausch zwischen den verteilten Prozessen. Die funktionalen Komponenten (z.B. Grifferkennung, Anwendung, Visualisierung) sind logisch und physikalisch getrennt. Jede Anwendungslogik wird in einem entsprechenden Anwendungsmodul gekapselt.

Die wesentlichen Komponenten des Systems sind der Real Object Manager (ROMAN), der Daten- und Gesten-Server (DGS) und die Visualisierungskomponente, die zusammen mit den entsprechenden Anwendungsmodulen das Gesamtsystem bilden. Als gegenständliche Modellbausteine können im Prinzip alle Dinge des täglichen (Arbeits-)Lebens dienen. Wir verwenden zur Zeit neben selbstgefertigten Holzklötzen hochwertige Fischertechnik Förderbandmodelle, LEGO-Steine und Modellbaukästen der Firma Festo.

Der Real Reality Modeller läuft auf Standard-PCs unter MS Windows 95 bzw. MS Windows NT 4.0. Zur Visualisierung verwenden wir das World Tool Kit R6 von Sense8, eine C++-Programmbibliothek. Als weiteres Entwicklungswerkzeug wird die Klassenbibliothek LEDA (Library of Efficient Datatypes and Algorithms) des Max-Planck Instituts für Informatik in Saarbrücken eingesetzt. Bei dem zur Erfassung der Handbewegungen verwendeten Datenhandschuh handelt es sich um den 5<sup>th</sup> Glove von 5<sup>th</sup> Dimension Technologies; zur Positionsbestimmung der Hand nutzen wir den Polhemus IsoTrack II.

---

<sup>1</sup> Näheres siehe Abschnitt „Logistik und Produktion“ in diesem Aufsatz.

Während der Modellierung im Gegenständlichen – mit den für die aktuelle Anwendung gewählten realen Modellbausteinen – liefern die Datenhandschuhe und der Positionstracker laufend Sensordaten. Diese werden vom DGS erfaßt und analysiert. Der DGS ist ein feature-basiertes Gestenerkennungsprogramm, das die erkannten Sensorereignisse zusammen mit den Sensordaten dem ROMAN und der Anwendung zugänglich macht. Die den gegenständlichen Modellbausteinen entsprechenden virtuellen Zwillingsobjekte werden vom ROMAN verwaltet (d.h. erzeugt, geändert, gelöscht). Er interpretiert die im Gegenständlichen ausgeführten Aktionen zur Aktualisierung des virtuellen Modells, protokolliert sie mittels eines eigens dafür entwickelten Datenformats (SML: Simulation Model Language) und stellt sie über eine dynamische Datenaustauschkasse der Anwendung zur Verfügung.

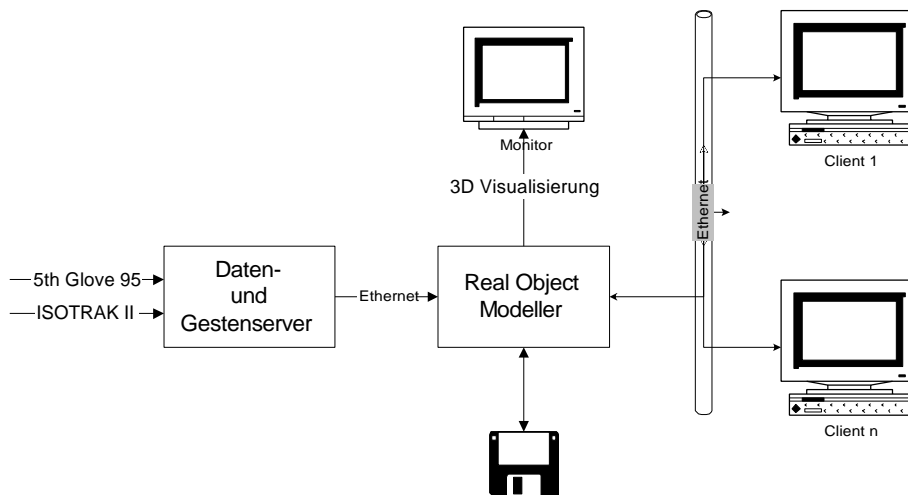


Abb.4: Schematische Darstellung der Komponenten

Geometrische Eigenschaften wie Position und Orientierung sowie Länge, Breite und Höhe des virtuellen Zwillingsobjekts finden dabei ihre Berücksichtigung. Gestenereignisse und Sensordaten können aber auch von der Anwendung direkt am DGS abgefragt werden.

Das virtuelle Modell wird vom Visualisierungsmodul in Echtzeit dargestellt, d.h. jede Änderung am gegenständlichen Modell ist sofort am Bildschirm nachvollziehbar. Die Client-Server-Systemarchitektur ermöglicht es, alle Systemkomponenten an getrennten Orten aufzustellen, so daß beispielsweise ein oder mehrere Viewclients zur Visualisierung beliebig im Internet verteilt sein können.

Die Anwendungsmodule interpretieren die im Gegenständlichen ausgeführten, über den DGS und den ROMAN vermittelten Daten in ihrem jeweiligen Kontext und weisen ihnen eine anwendungsspezifische Semantik zu. Ein und dieselbe Aktion im Gegenständlichen hat dadurch in jeder Anwendung eine andere Bedeutung und zeigt eine anwendungsbezogene Wirkung.

## Anwendungen

Das Real Reality Konzept entwickelte Willi Bruns aus der Kritik an Simulationssoftware für die Produktion (siehe Bruns, Heimbucher, Müller 1993 und Bruns 1993). Inzwischen arbeiten wir am Forschungszentrum Arbeit und Technik auf mehreren Gebieten an konkreten Anwendungen (siehe Bruns, Brauer 1996; Bruns 1996; Robben, Hornecker 1998; Schäfer, Brauer, Bruns 1997).

## Logistik und Produktion

Das erste Anwendungsfeld für eine konkrete Umsetzung des Real Reality Konzepts war die Modellierung von fördertechnischen Anlagen.<sup>2</sup> An der Planung komplexer Anlagen sind immer viele Akteure beteiligt, die in einem mehrstufigen Arbeitsablauf zusammenarbeiten. Dieser Planungsprozeß sollte durch ein gegenständliches Modell unterstützt werden. Hallenlayouts mit Förderbändern, Verzweigungen und Bearbeitungsstationen sollten am Modelltisch entworfen werden können, der mit dem Computer gekoppelt ist. Ein großer Teil der Arbeit bestand darin, zunächst einmal die Basis zu bereiten für eine Integration der einzelnen Elemente des Real Reality Konzepts in einem funktionsfähigen Prototyp. Gegenständliche Bausteine (Förderbandelemente und Werkstückträger) mußten entwickelt und gestaltet, Datenhandschuh und Trackingsystem an die PC-Hardware angepaßt, Gesten- und Griffkennungsalgorithmen implementiert werden. Darüber hinaus wurde die Software geschrieben, die die gegenständlichen Bausteine verwaltet und ihre Geometrie repräsentiert, der von uns schon beschriebene Real Object Manager (ROMAN). Damit verknüpft wurde eine 3D-Visualisierungssoftware.

Um das System mit einem Simulationsprogramm für die Anlagensteuerung verbinden zu können, wurde eine zuverlässige automatische Topologieanalyse implementiert, die auch Ungenauigkeiten im Modell ausgleicht. Aber wir wollten mehr als ein lauffähiges Modell generieren, auch das dynamische Verhalten des Modells sollte beeinflusbar sein. Dafür wurden die virtuellen Bausteine mit sogenannten *Sensepoints* versehen, welche relevante Positionen für den Materialfluß wie zum Beispiel Eingänge, Ausgänge, Bearbeitungsstationen und Verzweigungs- oder Zusammenführungsknoten repräsentieren. Wenn nun jemand am Modelltisch die Route eines

---

<sup>2</sup> Diese Arbeit erfolgt im Rahmen des DFG-Projekts „Rechnergestützte Übergänge zwischen gegenständlichen und abstrakten Modellen produktionstechnischer Systeme (RUGAMS)“. Kennziffer BR 1556/2-2

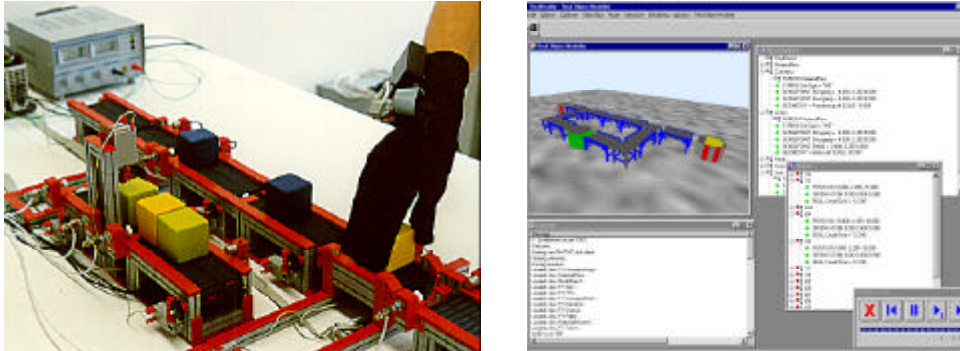


Abb.5: Steuerung eines mechanisch-funktionalen Anlagenmodells

Materialflüsselemente vorgibt, zeichnet das System die Reihenfolge der überfahrenen Sensepoints auf. Die aufgezeichneten Pfade zusammen mit der Topologie und Informationen über die Förderbausteine werden als Kontextinformation für eine Regelerkennung genutzt. Auf diese Weise können Regeln durch Vormachen im Realen programmiert werden. Dieses System haben wir mit bestehenden üblichen Simulationsprogrammen (SIMPLE++, COSIMIR) und einem eigenen Simulationsprogramm (GHOST) gekoppelt, an die die so gewonnenen Verteilungsregeln exportiert werden. Mit Hilfe dieser Anwendungssoftware wird die Anlagensteuerung simuliert und überprüft. Die Dynamik, die sich dabei ergibt, wird als Feedback an den ROMAN übertragen, der das virtuelle Modell in Echtzeit visualisiert. Wir planen, dynamische Komponenten mit einem Videoprojektor (Beamer) direkt auf das gegenständliche Modell zu projizieren, damit auch in dieser Phase der Planung am realen anfaßbaren Modell gearbeitet werden kann. Wir sehen die Gesamtplanung der Anlage als einen Prozeß, der in einer Gruppe in mehreren Iterationszyklen abläuft. Dabei gibt es auch Phasen, in denen nur mit abstrakten Programmen am Rechner gearbeitet wird. Entscheidend für das Real Reality Konzept ist, daß es neue Arten der Übergänge zwischen dem beGreifbar Gegenständlichen und dem Abstrakten gibt.

### **Pneumatische Schaltungen**

Eine neue Anwendung ist der Aufbau, die Analyse und die Simulation pneumatischer Schaltungen als Lernumgebung für den Unterricht.<sup>3</sup> Für BerufsschülerInnen ist es oft schwierig, abstrakte Modelle wieder auf real-stoffliche Anlagen zu beziehen,

<sup>3</sup> Diese Arbeit erfolgt im Rahmen des DFG-Projekts „Erfahrungsorientierte Übergänge zwischen gegenständlichen und abstrakten Modellen für die berufliche Qualifikation (EUGABE)“ Kennziffer BR 1556/3-2



eine ideale Anwendung für das ganzheitliche Real Reality Konzept. Als gegenständliches Modell verwenden wir Modellbaukästen der Firma FESTO DIDACTIC, wie sie in Berufsschulen üblich sind. Die SchülerInnen experimentieren mit pneumatischen Zylindern, Ventilen, Schläuchen und versuchen, auf einer Stecktafel eine Schaltung aufzubauen. Dabei wird synchron eine virtuelle Schaltung erzeugt, welche die von den SchülerInnen aufgebaute nachbildet. Bei Zweifeln über die Schaltung oder die Funktionsweise eines Schaltelements können die SchülerInnen sich Informationen aus dem Computermodell holen. Fehler in der aufgebauten Schaltung können im erzeugten Computermodell durch die Simulation aufgespürt werden. Das haben wir

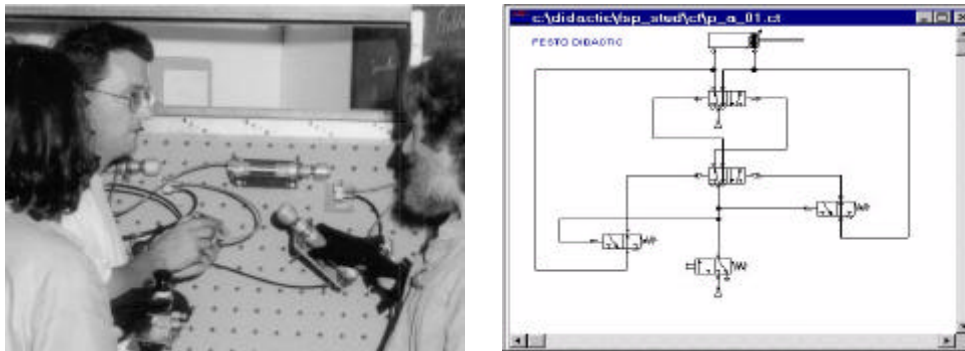


Abb.6: Aufbau und Darstellung einer Pneumatik-Schaltung

schon relativ weit umgesetzt, indem wir das reale Modell mit einer Public-Domain Simulationssoftware gekoppelt haben. Aus didaktischen Gründen ist vielleicht noch wichtiger: Wir ermöglichen den SchülerInnen neue Übergänge zwischen den realen Modellen – mit sich verwickelnden oder wegplatzenden Schläuchen – und abstrakten Schaltplänen oder Simulationen. In einem EG-Projekt<sup>4</sup> werden wir einen Prototyp bauen, der in ein serienreifes kommerzielles Produkt münden soll.

### Planung

Ein anderes Anwendungsgebiet für das Real Reality Konzept stellen große Planungssysteme dar, die in ihrer Komplexität Mittel erfordern, die über die begrenzte Visualisierung an einem Bildschirm hinausgehen. Ein erster Schritt in diese Richtung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit unternommen (Hinrichs, Holm 1997). Im vorgeschlagenen System wurden für die Benutzung durch FacharbeiterInnen im Bereich Fertigung greifbare Planungsobjekte an einer gegenständlich vorhandenen Plantafel – dem Modellraum der Planung – mit optisch und haptisch unterscheid-

<sup>4</sup> „Bridging Reality and Virtuality with a Graspable User Interface (BREVIE)“. Kennziffer 2039

baren Merkmalen ausgestattet. Größe, Form, Farbe und Gewicht der Planungsobjekte stellen jeweils ein Maß für qualitative und quantitative Aussagen dar und dienen der Zuordnung zu Gruppierungen oder Prozessen. Aufbau und Gestaltung räumlicher Sektoren im Modellraum repräsentieren die Funktion des Planungsvorgangs mit Planungseinheiten, Ressourcen, Kapazitäten und Vorgängen. Durch die Bewegung der Planungsobjekte mit der sensorisierten Hand im Modellraum kann der Planungsvorgang rechnergestützt simuliert und die Planung optimiert durchgeführt werden. Anschließend steht die so bearbeitete Plantafel den FacharbeiterInnen in gleicher Weise wie ihr konventionelles Pendant zur Verfügung. Diese erste Näherung verweist auf ein vielversprechendes Potential des Real Reality Konzepts im Hinblick auf das Anwendungsgebiet Planung.

### **Modellierung der virtuellen Zwillingsobjekte**

Die Synchronisation des virtuellen mit dem gegenständlichen Modell wird vom ROMAN geleistet, indem er die im Gegenständlichen mit der sensorisierten Hand ausgeführten Aktionen auf der Grundlage der definierten Eigenschaften der virtuellen Zwillingsobjekte interpretiert. Bisher beschränkt sich diese Interpretation auf eine einfache, aber robuste Topologieanalyse basierend auf geometrischen Eigenschaften – abgesehen von den ergänzenden Merkmalen zur Regelgenerierung in der Anwendung „Logistik und Produktion“. Eine Erweiterung der repräsentierten Zwillingsobjekte um funktionale Merkmale ihrer gegenständlichen Pendants verfeinert diese Analyse hinsichtlich der Übertragung des für die jeweilige Anwendung wesentlichen Verhaltens der realen Gegenstände auf ihre virtuellen Repräsentanten.

LEGO-Steine haben beispielsweise die Besonderheit, sich aufgrund ihrer Bauart zu einem Modell höherer Ordnung zusammenstecken zu lassen, wobei es eine Vielzahl verschiedener LEGO-Stein-Typen gibt, die jeweils eine etwas andere Funktion haben. Im Rahmen einer Diplomarbeit<sup>5</sup> wird zur Zeit ein Softwaremodul entwickelt, das genau diese Funktionalität realisiert. Die virtuellen Zwillingsobjekte werden in einem interaktiven Programm um die Eigenschaft des Verbindens und um die Bedingungen für einen Verbindungsaufbau ergänzt, indem Bausteintypen mit unterschiedlichen Verbindungsattributen definiert und in einer Objektbibliothek abgelegt werden. Parallel dazu wird die Topologieanalyse um die Integration dieser Constraints erweitert, so daß die Lage einzelner Bausteine als ein zusammengesetztes Modell höherer Ordnung interpretiert werden kann. Eine Fortführung dieses Forschungsaspekts kann zu einem synchronisierten gegenständlich-virtuellen Baukastensystem führen, mit dem sich aus einem relativ kleinen Repertoire geometrisch und funktional einfacher Bausteine durch Kombination eine beliebig komplexe Struktur mit erweiterter Funktionalität „zusammenstecken“ läßt.

---

<sup>5</sup> Eckhard Meier: Synchrones Generieren von Modellen in realen und virtuellen Räumen.

In dieser wie auch in den anderen bisher vorgestellten Anwendungen erfolgt die Modellierung der geometrischen Repräsentation der Zwillingobjekte auf herkömmliche Weise durch die konventionelle Konstruktion mittels eines gängigen CAD-Programms oder 3D-Modellers außerhalb und vor jeder Anwendung. Eine konsequente Erweiterung des Real Reality Ansatzes ist daher die Integration der Modellierung der geometrischen Eigenschaften der Zwillingobjekte mit der genannten Methode.

Ein äußerst interessanter Themenkomplex stellt die Modellierung von Freiformkörpern dar: Die ModelliererIn verformt mit ihren sensorisierten Händen eine geeignete Modelliermasse. Alle Finger- und Handbewegungen werden aufgezeichnet, um aus der resultierenden Hülle einen dreidimensionalen virtuellen Freiformkörper zu generieren. Ergänzt werden kann die Aufzeichnung der Sensordaten beispielsweise dadurch, daß die NutzerIn charakteristische Eigenschaften des zu formenden Gegenstands durch eine Geste und eine synchrone Spracheingabe festlegt.<sup>6</sup> Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde bereits ein Prototyp zur Freiformmodellierung implementiert (Grabsch 1997). Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag auf der Verwendung Graph-Grammatik basierter Konzepte zur Erzeugung der Oberflächenstruktur des virtuellen Deformationskörpers.

Diese Modellierungsart mit dem Real Reality Ansatz sollte sich zur Geometriedatenerfassung von Körpern eignen, die keine Normteile sind und von denen noch keine rechnerinterne Repräsentation existiert. Sie kann im künstlerisch gestaltenden Bereich eingesetzt werden, in dem zu Beginn der Modellierung noch nicht feststeht, wo die Modellierung hingehen wird und ob das Ende der Verformung mit der angestrebten Endform zusammenfällt. Zumindest virtuell ist es dann möglich, zu jedem vorangegangenen Deformationszustand zurückzukehren. Eine Fernmaterialisierung ist leicht zu realisieren, da mit einer handelsüblichen Desktop-Production-Anlage den InteressentInnen „auf der anderen Seite“ ein aus dem virtuellen Modell erzeugter Prototyp in die Hand gegeben werden kann.

Es gibt noch ein weiteres Anwendungsgebiet für die gegenständliche Modellierung geometrischer Objekte mit dem Real Reality Konzept: Im Bereich der rechnergestützten geometrischen Konstruktion werden unter dem Stichwort „reverse geometric modelling“ Forschungen vorangetrieben, die eine automatische Generierung dreidimensionaler Konstruktionsmodelle aus realen gegenständlichen Objekten durch die Auswertung maschinell erzeugter Meßdaten (z.B. mittels 3D-Scannern) zum Ziel haben. Die bisher vorliegenden Ergebnisse (siehe etwa CAD 1997) machen deutlich, daß auf ein interaktives Eingreifen der BenutzerIn bei diesem Vorgang nicht verzichtet werden kann, da es keine intelligenten Algorithmen gibt, die alle relevanten Punkte und geometrischen Formen des Gegenstands aus der (Un-)Menge der akquirierten Meßdaten automatisch extrahieren können. Der Real Reality Ansatz

---

<sup>6</sup> Von der FNK der Universität Bremen unter der Kennziffer 3/180/5 gefördertes Projekt „Entwicklung einer realitätsorientierten Benutzungsschnittstelle für Werkstattrechner (ERBEN)“.

könnte die unumgängliche Integration des Wissens und der Fähigkeiten des Menschen schon ins Gegenständliche verlegen, um die zur Begriffsbildung und Modellierung ohnehin erforderliche Erfahrung und Intelligenz der BenutzerIn weitestgehend in eine reale, bekannte und mit allen menschlichen Sinnen erfahrbare Umgebung zu verlagern.

## Ausblick

Mit den bisherigen Arbeiten im Forschungszentrum Arbeit und Technik und anhand des ersten implementierten Prototyps haben wir gezeigt, daß die Idee Real Reality machbar ist. Wir haben die Übergänge vom realen stofflichen Modell über die Hand zum Computermodell und zurück in die gegenständliche Welt exemplarisch an einer Anwendung demonstriert. Die didaktische Tauglichkeit des Konzepts der synchronen gegenständlichen und virtuellen Modellierung und der Übergänge zwischen den beiden Modellarten wird nun in einem EU-Projekt evaluiert, das gleichzeitig die Implementierung eines produktreifen Prototypen für den Einsatz in berufsbildenden Schulen zum Ziel hat.

Neben den zu verzeichnenden Erfolgen ergeben sich bei der technischen Verfeinerung und Ausdifferenzierung des Real Reality Ansatzes aber auch Probleme, die nicht verschwiegen werden sollen. Die Anfälligkeit des Trackingsystems gegenüber Störungen durch metallische Gegenstände und der Wunsch, auf den für manche Anwendungen nicht unbedingt idealen Datenhandschuh zu verzichten, legen die Erprobung anderer Sensorisierungsmöglichkeiten der Hand nahe. Bei den Ausgabemedien haben wir uns – außer im Anwendungsbereich Logistik und Produktion – weitestgehend auf die perspektivische dreidimensionale Visualisierung mittels herkömmlicher Ausgabegeräte beschränkt, so daß für die weitere Forschung auch die Ausgabemöglichkeiten zur Disposition stehen. Folgende Ergänzungen zur Ein- bzw. Ausgabe sind beispielsweise denkbar:

- ? Videotechnik und 3D-Scanner mit Bilderkennung
- ? gesprochene Sprache
- ? sensorisierte Werkzeuge
- ? ja, sogar eine Sensorisierung der Füße z.B. zur Steuerung eines Krans
- ? eine optische Rückprojektion direkt in das gegenständliche Modell hinein
- ? akustische Rückkopplungen

Ein ungelöstes Problem, das in diesem Zusammenhang bewältigt werden muß, ist die Mustererkennung. Es existieren zur Bilderkennung, zur Spracherkennung und zur Erkennung von Gesten mittlerweile vielerorts Lösungsansätze, die wir hinsichtlich ihrer Eignung für unsere Aufgabenstellung zu untersuchen haben.

Bei den technischen Realisierungen fassen wir jedoch nicht nur das technisch Machbare ins Auge, sondern explizit auch die Auswirkungen auf den Arbeitsprozeß. Bei der Verfeinerung des Real Reality Konzepts streben wir nicht an, die Realität, d.h. die gegenständlichen Gegebenheiten vollständig im Rechner abzubilden. Unser

Ziel ist ein anderes. Wir wollen eine neue Mensch-Maschine-Schnittstelle entwickeln, die eine andere Rollenverteilung zwischen Mensch und Computer ermöglicht. Der Mensch bleibt in seiner gewohnten gegenständlichen Welt situiert, erfährt die Sperrigkeit des Materials und macht weiterhin durch Berührung seine Erfahrungen mit den Gegenständen. Der synchrone Übergang vom Gegenständlichen zum virtuellen Modell ermöglicht ihm, das Computermodell unmittelbar mit dem gegenständlichen Modell zu vergleichen und die unvermeidlichen Differenzen zwischen beiden deutlich zu erkennen. Des weiteren kann das Computermodell direkt anhand des gegenständlichen Modells validiert werden.

Real Reality ist eine neue Schnittstellen-Metapher, keine universale Schnittstelle. Erst auf der Grundlage einer Reihe von Anwendungen läßt sich in sozialwissenschaftlichen Studien vergleichend evaluieren, ob und für welche Anwendungsfelder Real Reality als Mensch-Maschine-Schnittstelle besser geeignet ist als konventionelle Arten der Computerbenutzung, ob sie zu mehr Kooperation führt, zu einem besseren Verständnis von Modellen und zu einer adäquateren Modellierung. Entscheidend ist die Ausformulierung und Konkretisierung unserer These, daß Greifen etwas mit Begreifen zu tun hat. Dafür gilt es, sich intensiv mit der Erforschung von Wahrnehmung und der Bedeutung des Körpers in der Mensch-Computer-Interaktion auseinanderzusetzen.

## Literatur

- Brauer, V.; Bruns, F.W.; Schäfer, K. (1997): Rechnergestützte Übergänge zwischen gegenständlichen und abstrakten Modellen produktionstechnischer Systeme. Erster und zweiter Zwischenbericht zum DFG-Forschungsprojekt RUGAMS. artec-paper Nr.56.
- Bruns, F.W. (1993): Zur Rückgewinnung von Sinnlichkeit – Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern. In: Technische Rundschau. Heft 29/30, S.14-18.
- Bruns, F.W. (1996): Grasping, Communicating, Understanding – Connection Reality and Virtuality. In: AI & Society Nr.10, S.6-14.
- Bruns, F.W.; Brauer, V. (1996): Bridging the Gap between Real and Virtual Modeling – A new Approach to Human-Computer-Interaction. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> IFIP 5.10 Workshop on Virtual Prototyping, May 4-6 1996, Arlington, Texas USA.
- Bruns, F.W.; Heimbucher, A.; Müller, D. (1993): Ansätze einer erfahrungsorientierten Gestaltung von Rechnersystemen für die Produktion. artec-paper Nr.21.
- Ferguson, E. (1993): Das innere Auge – Von der Kunst des Ingenieurs. Birkhäuser: Basel, Boston, Berlin (Originalausgabe 1992: Engineering and the Mind's Eye. MIT Press: Cambridge).
- Grabsch, N (1997): Freiformmodellierung im Realen – Entwurf und Implementierung eines Prototypen. Diplomarbeit am Studiengang Informatik der Universität Bremen, August 1997.
- Hinrichs, J.; Holm, C. (1997): Konzeption der Planungssysteme MOPPS und VOPPS auf der Basis gegenständlicher Arbeit und abstrakter Systemplanung. Diplomarbeit im Studiengang Berufspädagogik der Universität Bremen, September 1997.
- CAD Sonderheft „reverse engineering“ 4/1997.
- Robben, B.; Hornecker, E. (1998): Gegenständliche Modelle mit dem Datenhandschuh begreifen – Eine Lernumgebung für den Technikunterricht. In: Claus, V. (Hrsg.), Informatik und Ausbildung, Springer: Berlin et. al., S.33-42.

- Schäfer, K.; Brauer, V.; Bruns, F.W. (1997): A new Approach to Human-Computer Interaction – Synchronous Modeling in Real and Virtual Spaces. In: Proceedings of DIS'97, August 97, Amsterdam. ACM.
- Scheel, J.; Hacker, W.; Henning K. (1994): Fabrikorganisation neu beGreifen. TÜV Rheinland: Köln, S.158 (Abdruck der Abbildung 1 mit freundlicher Genehmigung des TÜV Verlags Köln)