

## Wenn ich das nur (be)greifen könnte!

Ingrid Rügge  
Universität Bremen  
Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec)  
Postfach 330440, 28334 Bremen  
ingrid@artec.uni-bremen.de

Der Computer hat in die Arbeitswelt und andere Lebensbereiche des Menschen Einzug gefunden — Bildschirm, Maus und Tastatur sind zum selbstverständlichen Accessoire jedes Schreibtisches geworden. Damit breiteten sich auch grafische, bildschirmorientierte Benutzungsschnittstellen aus, deren allseits bekanntes Leitbild die sogenannte Desktopmetapher<sup>1</sup> ist. Aber die Arbeits- und Lebenswelt besteht nicht nur aus Schreibtischen und an ihnen zu verrichtenden Arbeiten. Wie ist es mit jenen, die Werkstoffe verarbeiten, verformen, produzieren, transportieren und denjenigen, die diese Anlagen planen? Wie sehen für sie angemessene Schnittstellen aus?

In der Produktion wird schon seit langem mit Maschinen gearbeitet, die von erfahrenen FacharbeiterInnen bedient werden. Im Zuge der Ausbreitung der Computertechnologie halten auch hier die Rechner Einzug: CAD (Computer Aided Design), CIM (Computer Integrated Manufacturing) und Simulation sind einige Schlagworte aus diesem Zusammenhang. Allerdings erreichten z.B. Simulatoren bisher nicht die gewünschte Marktdurchdringung, da u.a. der Aufwand für Simulationsstudien viel zu hoch und die Überprüfbarkeit der Modellvalidität ungenügend sind. Ebenso wurde festgestellt, daß CAD-Programme bei komplexen Aufgabenstellungen die Abstraktionsfähigkeit der BenutzerInnen in unzumutbarem Maße überfordern, z.B. durch ihre Einschränkung auf den Gesichtssinn, so daß PlanerInnen von Fertigungsanlagen und großen Systemen immer wieder zu stofflichen und anfaßbaren Modellen aus Papier, Plastik oder Holz zurückgreifen [SCHEEL u.a., 1994]. Denn diese bieten einen Raum für das vorstellbare, am Problem orientierte Gespräch einer Gruppe und verengen die zu bewältigende Aufgabe nicht auf die Möglichkeiten einer rechnergenerierten Visualisierung.

Aufgrund dieser Tatsachen häufen sich in den letzten Jahren Forschungsaktivitäten im Bereich alternativer Interface-Technologien. Der Trend geht hin zu Benutzungsschnittstellen, die sich an der Realität orientieren und auf die Einbeziehung verschiedener Sinne und den intuitiven Umgang mit der Maschine abzielen. Unter klangvollen Bezeichnungen wie Virtual Reality, Virtual Environ-

---

<sup>1</sup> Das Erscheinungsbild der Bildschirmoberfläche und die Funktion der Symbole erwecken den Anschein eines Schreibtisches, ja, eines ganzen Büros mit Aktenordnern, Dokumenten und sogar einem Papierkorb.

ments, Augmented Reality, Graspable User Interfaces, Real Reality, Tangible Media, Ubiquitous Computing werden eine Vielzahl von Ansätzen propagiert<sup>2</sup>.

Es wurden Untersuchungen mit alternativen Bildschirm-Metaphern durchgeführt, die auf das vorhandene Wissen von FertigerInnen des Produktionsbereichs referieren. Der Usability-Test hat allerdings gezeigt, daß eine graphische Realitätsnähe in der Darstellung auf dem Bildschirm nicht unbedingt zur besseren Benutzbarkeit der Bedienoberfläche beiträgt [KEUNEKE, 1998]. Um einen intensiveren dreidimensionalen Eindruck zu erzeugen, wird zu einer stereoskopischen Darstellung übergegangen. Zum Einsatz kommen dann die "neuen" Ausgabegeräte wie Shutterbrillen, HMD (Head Mounted Display), CAVE, Workbench und auch entsprechende 3D-Eingabegeräte wie Spacemouse, Spaceball, Positionstracking, Datenhandschuhe usw., die als Technologien unter dem Begriff *Virtual Reality* zusammengefaßt werden.

Das Prinzip, das hinter Virtual Reality steht, ist in erster Linie eine visuelle Verdopplung der Realität: Alle relevanten Aspekte der gegenständlichen Welt werden im Rechner repräsentiert und zu einem computergenerierten Modell zusammengefügt — der virtuellen Welt. Die BenutzerIn soll in diese Welt eintauchen und die virtuellen Objekte für die Realität halten. Dann ist es z.B. möglich, mit dem entsprechenden Equipment scheinbar ein Flugzeug zu betreten, eine Fabrik zu besichtigen oder die digitale Repräsentation eines Autos von allen Seiten genauestens in Augenschein zu nehmen. Angereichert werden kann dieses Modell der Realität z.B. noch mit der Visualisierung von Datenflüssen, die in der gegenständlichen Welt nicht sichtbar sind. Das Konzepts hat aber auch seine Grenzen:

- Die begrenzten Ressourcen, die durch die Kapazität der Computer und der peripheren Geräte festgelegt werden (Detailgenauigkeit der Visualisierung, Echtzeit-Interaktion usw.). Die Folgen sind z.B. das Auftreten der sogenannten Simulatorkrankheit oder die Fehleinschätzung bei Entfernungen oder Geschwindigkeiten [DISTLER et al, 1998].
- Die notwendige Abstraktion von der gegenständlichen Realität, d.h. die Tatsache, daß nur relevante Aspekte abgebildet werden sollen (und können), aber noch nicht erforscht ist, welche Aspekte das sind.
- Die virtuelle Welt gehorcht keinem physikalischen Gesetz. Das muß jeweils programmiert werden; womit wir wieder beim ersten Punkt angelangt sind.

Ein relativ junges Forschungsgebiet der Mensch-Maschine-Interaktion konzentriert sich auf grifforientierte Benutzungsschnittstellen — die sogenannten *Graspable User Interfaces*. Die wesentlichen Entwicklungen in diesem Bereich zielen in zwei Richtungen. Entweder wird mit "leeren" Griff-

---

<sup>2</sup> Einen Ausschnitt der Forschungen im deutschsprachigen Raum geben [BRUNS u.a., 1998] und [RÜGGE u.a., 1998]

fen einer sensorisierten Hand über ein virtuelles Abbild der Hand auf den virtuellen Objekten im Rechner operiert, wie das bei Virtual Reality der Fall ist. Oder es erfolgt ein Greifen auf realen, aber sensorisierten Objekten, die in Beziehung zu entsprechenden rechnerinternen Objekten stehen.

### Das Konzept Real Reality

In dieselbe Richtung geht auch unsere Forschung im Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec) der Universität Bremen<sup>3</sup>. Wir verfolgen allerdings die Weiterentwicklung einer dritten Möglichkeit — das bei uns konzipierte Real Reality<sup>4</sup> Konzept. Dieses erlaubt es, beliebige stoffliche Gegenstände als Benutzungsoberfläche zu verwenden, denn wir sensorisieren nicht die Gegenstände, sondern die *real* formende, zeigende und manipulierende Hand. Ausgehend von einer anfänglichen Entsprechung zwischen Realität und rechnerinterner Modellwelt werden alle Handbewegungen, die zur Veränderungen der Realwelt führen, vom Rechner erfaßt und zur Aktualisierung des rechnerinternen Modells verwandt. Dadurch ist eine Synchronisierung zwischen externer gegenständlicher und interner virtueller Modellwelt möglich, die den Übergang von der einen in die andere Welt für die AnwenderInnen erleichtern soll und den Rechner in der modellerzeugenden Phase in den Rücken der BenutzerIn verbannt.



Abb. 1: Real Reality-Modellierungsumgebung für die Logistik [ROBBEN/RÜGGE, 1998].

---

<sup>3</sup> siehe z.B. [BRUNS, 1993], [ROBBEN/RÜGGE, 1998]

<sup>4</sup> Wir belassen die Gegenstände der realen Welt dort, wo sie sind, verwenden aber Technologien wie Datenhandschuh, Trackingsystem und 3D-Visualisierung aus der Virtual-Reality-Welt, so daß wir unseren Ansatz etwas ironisch Real Reality taufen.

Das erste Anwendungsgebiet, in dem wir dieses Konzept eingesetzt haben, war Logistik und Produktion [BRAUER et al, 1997]. Mittlerweile können meine Kollegen logistische Verteilungsregeln durch Vormachen im Gegenständlichen programmieren. Das erzeugte Programm wird mit einem Simulator getestet und dieser wiederum kann das gegenständliche Anlagenmodell aus funktionsfähiger Fischertechnik mit einer "echten" SPS-Anlage<sup>5</sup> steuern. So ist der Bogen geschlagen von der Realität in die Virtualität und wieder zurück in die — jetzt modifizierte — Realität.

Ein anderer von uns untersuchter Anwendungsbereich ist Pneumatik in der Schule [ROBBEN/HORNECKER, 1998]. Mit den sensorisierten Händen wird eine pneumatische Schaltung an einer in Berufsschulen üblichen Stecktafel der Firma Festo mit Schläuchen und Zylindern im Gegenständlichen aufgebaut. Die Daten werden erfaßt, interpretiert, transformiert und an einen Pneumatiksimulator übergeben, der die schematische Entsprechung der aufgebauten Schaltung synchron zum gegenständlichen Aufbau visualisiert und mit dem sie auch simuliert werden kann. Die Daten, die in diesem Fall im Real Object Manager — dem Software-Kern unserer Modellierungsumgebung — erzeugt werden, sind prinzipiell die gleichen wie die für die vorher skizzierte Anwendung. Der Unterschied ist, daß sie von einem anderen Simulator in seinem speziellen Anwendungskontext interpretiert werden und dadurch ganz andere Ergebnisse entstehen. Die von uns verwendeten greifbaren Objekte sind komplex in dem Sinne, daß sie einen gegenständlichen und einen virtuellen Part besitzen.

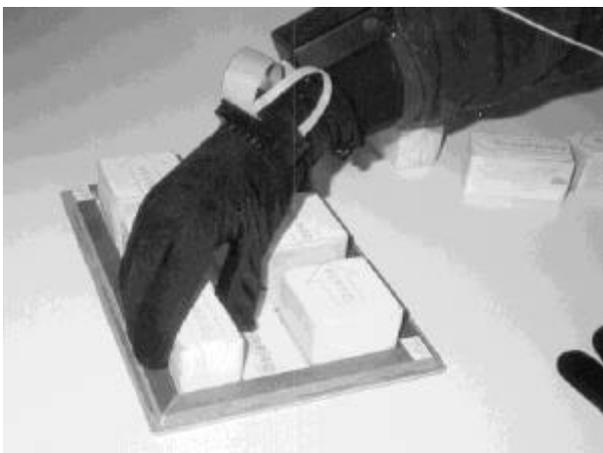


Abb.2: Objektbaukasten als Komplexobjekt: links gegenständlicher, rechts virtueller Part [ROBBEN/RÜGGE, 1998].

Ziel meiner Forschung in diesem Kontext ist die Konzeptionierung einer grifforientierten Benutzungsschnittstelle für die rechnergestützte Modellierung von dreidimensionalen Freiformen<sup>6</sup>. Ich

---

<sup>5</sup> SpeicherProgrammierbare Steuerungsanlage

<sup>6</sup> Das sind geometrische Formen, die nicht analytisch beschreibbar sind. Die schön geschwungenen Kotflügel alter Autos sind beispielsweise Freiformflächen, die Flügel von Flugzeugen, der Rumpf eines Schiffes; Zylinder, Kegel usw. sind es nicht.

wende damit das Real Reality-Konzept auf die Modellierung des virtuellen Parts der Komplexobjekte an. Mittels der sensorisierten Hände und über gesprochene begriffliche Beschreibungen wird der dreidimensionale reale Gegenstand schrittweise charakterisiert. Der zu erfassende Gegenstand kann beispielsweise ein "fertiges" Objekt sein, von dem es kein digitales Pendant, keine Konstruktionszeichnung gibt. Er kann aber auch erst unter Verwendung einer geeigneten Modelliermasse während des Modellierungsprozesses erstellt werden, indem er z.B. aus Ton mit den sensorisierten Händen geformt wird. Der Rechner baut synchron zu den Eingabedaten ein virtuelles Modell auf, so daß das gegenständliche Objekt an eine ähnliche rechnerinterne Modellwelt gekoppelt wird, indem es „begriffen“ und „beschrieben“ wird. In der modellerzeugenden Phase besteht eine direkte geometrische Analogie zwischen dem gegenständlichen und dem virtuellen Modell. Erst in einer nachfolgenden Phase des Experimentierens mit dem rechnerinternen Modell und dessen Variation kann eine Auseinanderbewegung beider Welten erfolgen.

Diese Art der Modellierung vereint mehrere Vorteile in sich:

- Die BenutzerIn setzt ihr gegenständliches Wissen, ihren Weltbezug und insbesondere ihre taktilen Möglichkeiten bei der Modellierung ein, wobei sie ihre Aufmerksamkeit auf das reale gegenständliche Objekt richtet und nicht auf den im Hintergrund vorhandenen Rechner. So kann sie sich auf der Grundlage der gegenständlichen Anschauung und ihrer mit allen Sinnen erfahrenen Wahrnehmung ein mentales Modell bilden.
- In einer anschließenden Phase kann der „begriffene“ physikalische Gegenstand in seiner virtuellen Repräsentation weiter verändert werden, ohne daß eine gegenständliche Entsprechung vorhanden sein muß. Die Benutzerin kann jedoch auf ihr bei der gegenständlichen Modellierung erworbenes mentales Bild zurückgreifen.
- Während des Prozesses der Modellbildung kann das virtuelle Modell direkt anhand des stofflichen Gegenstands evaluiert/validiert werden. So erlangt die BenutzerIn Einsichten über das Modell sowie über den Übergang vom Gegenständlichen ins Virtuelle, die ihr in der anschließenden Phase des Experimentierens mit dem rechnerinternen Modell von großem Nutzen sein werden.
- Da der komplette Modellerzeugungsprozeß aufgezeichnet wird, ist es möglich, virtuell zu jeder vorherigen Ausprägung des Modells zurückzukehren.

Anwendung finden kann diese Benutzungsschnittstelle u.a. in folgenden Bereichen:

- Im künstlerischen Bereich, wenn es darum geht, aus einer Modelliermasse Artefakte zu formen, deren endgültige Gestalt sich erst aus oder im Prozeß der Bearbeitung des Materials ergibt.

- Unter dem Stichwort „Reverse Geometric Modelling“ werden 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 machen deutlich, daß auf das Eingreifen der BenutzerIn bei der Modellierung nicht verzichtet werden kann (siehe z.B. [CAD, 1997]), da es keine intelligenten Algorithmen gibt, die alle relevanten Punkte und die geometrische Form des physischen Gegenstands aus der (Un-)Menge der akquirierten Meßdaten automatisch extrahieren können. Meine Ausgangsthese ist nun, daß die Integration des Wissens und der Fähigkeiten des Menschen in diesem Fall schon im physikalisch Gegenständlichen erfolgen sollte, 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.
- Im Forschungsgebiet "Conceptual Design" (siehe z.B. [CHU u.a., 1997]), in dem es um die Rechnerunterstützung beim Produktentwurf auf der Ebene von Ideen und Konzepten geht, ist die Kommunikation zwischen den verschiedenen beteiligten Professionen essentiell. Es kommt nicht auf die Details der späteren Realisierung an, sondern auf das Verstehen der anderen (Fach-)Sprache, auf das Begreifen der ausgedrückten Inhalte. Meine These ist, daß handhabbare Gegenstände, die über die sensorisierte Hand mit entsprechenden virtuellen Pendants gekoppelt sind, die Verständigungsmöglichkeiten erweitern, denn es stehen gleichzeitig mehrere Repräsentationsformen derselben Problemstellung zur Verfügung, die jeweils auf unterschiedliche Kontexte referieren können.

Zu entwickeln ist eine formale Sprache, die auf der syntaktischen Seite Ausdrücke beinhaltet, die einen gestischen und einen sprachlichen Anteil enthalten und semantisch als geometrische Repräsentationen interpretiert werden.

## **Literatur**

- Brauer, V.; Bruns, F.W.; Schäfer, K.: Rechnergestützte Übergänge zwischen gegenständlichen und abstrakten Modellen produktionstechnischer Systeme. Erster und zweiter Zwischenbericht zum DFG-Forschungsprojekt RUGAMS, 1997, artec-paper 56
- Bruns, F.W.: Zur Rückgewinnung von Sinnlichkeit – Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern. In: Technische Rundschau, 1993, 29/30, S.14-18
- Bruns, F.W.; Hornecker, E.; Robben, B.; Rügge, I.: Vom Bildschirm zum Handrad - Computer(be)nutzung nach der Desktop-Metapher. 1998, artec-paper 59
- CAD Sonderheft „Reverse Engineering“, 4/1997

- Chu, C.P.; Dani, T.H.; Gadh, R.: Multi-sensory User Interfaces for a Virtual-Reality-Based Computer-Aided Design System. In: CAD 10/1997, S.701-725
- Distler, H.; van Veen, H.J.; Braun, S.; Bülthoff, H.H.: Untersuchung komplexer Wahrnehmungs- und Verhaltensleistungen des Menschen in virtuellen Welten. In: [RÜGGE u.a., 1998]
- Keuneke, S.; Heeg, F.J.: Transparenz von User-Interfaces - Das MITS-Projekt am BIBA. In: [BRUNS u.a., 1998], S.201-208
- Robben, B.; Hornecker, E.: Gegenständliche Modelle mit dem Datenhandschuh begreifen – Eine Lernumgebung für den Technikunterricht. In: Claus, V. (Hrsg.): Informatik und Ausbildung. 1998, S.33-42
- Robben, B.; Rügge, I.: Mit den Händen beGreifen: Real Reality. In: [RÜGGE u.a., 1998]
- Rügge, I.; Robben, B.; Hornecker, E.; Bruns, F.W. (Hrsg.): Arbeiten und begreifen: Neue Mensch-Maschine-Schnittstellen. 1998 (im Erscheinen)
- Scheel, J.; Hacker, W.; Henning K.: Fabrikorganisation neu beGreifen, 1994