

Real Reality

- Simulationsunterstützung durch gegenständliche Modelle -

Kai Schäfer

Forschungszentrum für Arbeit und Technik (artec)

Universität Bremen

Veröffentlicht in: Simulation und Visualisierung, SCS, Magdeburg 1998

Zusammenfassung

Simulation steht im Schnittpunkt verschiedener fachlicher Perspektiven. Die Repräsentation von Modellen soll allen Akteuren in interdisziplinären Planungsgruppen zugänglich sein. Hierfür bieten gegenständliche Modelle zahlreiche Vorzüge. Das sinnlich erfahrende und experimentierende Modellieren unterstützt das Lernen und Begreifen und fördert die kommunikativen Prozesse bei der Modellbildung. Die Akzeptanz von Modellspezifikationen wird dadurch erhöht, Planungsfehler können bereits in der Modellierungsphase besser erkannt und beseitigt werden und die Akteure werden beim Einbringen ihrer Ideen unterstützt. Im Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec) wurde ein Konzept mit dem Namen *Real Reality* zur gegenständlichen Modellierung statischer und dynamischer Modelle entwickelt [Bru93]. Ein Modell wird aus greifbaren Modellkomponenten aufgebaut. Synchron dazu wird ein virtuelles Modell im Computer erzeugt. Dieses enthält alle Informationen, die für eine automatische Abstraktion und Generierung von Simulationsmodellen benötigt werden. Die Synchronisation von gegenständlichem und realen Modell findet über eine Sensorisierung der Hand statt, die es erlaubt, beliebige Modellobjekte für den Aufbau einzusetzen, ohne dabei das sinnliche Begreifen zu behindern. Ein Prototyp demonstriert die Einsatzmöglichkeiten für die Materialflußsimulation.

1 Motivation

Die Planung komplexer Anlagen und Einrichtungen stellt einen Prozeß dar, an dem viele Akteure beteiligt sind und der in mehreren Stufen iterativ abläuft. Die zunehmende Umstellung des Planungsprozesses auf EDV läßt zugunsten einer vorgegebenen Prozeßstrukturierung immer weniger Raum für das kreative Arbeiten der Planer [Ham96]. Dieses führt zu:

1. Spezialistentum
2. Geringe Einwirkungsmöglichkeiten beteiligter Akteure

3. Schlechte Unterstützung gruppendynamischer Aushandlungsprozesse
4. Schlechte Handhabung dreidimensionaler Modelle
5. Zusätzliche Fehlermöglichkeiten; Programmierfehler durch hohe Abstraktion; Inkonsistenzen des Modells
6. Schwierige Erlernbarkeit; das Modell kann nicht angefaßt und verändert werden, um es handelnd zu begreifen [Pia70]
7. Zusätzlicher Aufwand durch nachgeschaltete Prozesse zur Visualisierung und Präsentation

Es erscheint angemessen, diesen Nachteilen mit einer besseren anschaulicheren Darstellung des Modells zu begegnen. Dieses erklärt auch die intensiven Bemühungen im Bereich des *Visual Engineering* und den zunehmenden Einsatz von *Virtual Reality* (VR) Techniken [Kre97]. Leider müssen wir feststellen, daß sich die notwendigen Technologien hierfür als sehr unhandlich und teuer erweisen (z.B. HMD, CAVE). Das fehlende taktile Feedback führt zu Problemen bei der Modellierung der virtuellen Modelle. Nur wenige VR-Konzepte sind in der Lage, die für die Aushandlungsprozesse der Planung erforderliche Kommunikation angemessen zu unterstützen. Die Schaffung einer Umgebung, in der Planer in gewohnter Weise, unter Einbeziehung aller Sinne interagieren und kommunizieren können, ist erstrebenswert, scheint aber bei rein elektronischen Medien in weiter Ferne zu liegen.

Hier bieten gegenständliche Modelle hinsichtlich der Benutzbarkeit sehr gute Voraussetzungen. Der Umgang mit Modellbausteinen geschieht spielerisch und intuitiv. Auch in



Abbildung 1: Planungsgruppe an einem gegenständlichen Modell [Sche94]

interdisziplinären Teams werden die Akteure motiviert, den Planungsprozeß zu verstehen, und sich aktiv an ihm zu beteiligen [Fis97], (Abbildung 1). Der zusätzliche Aufwand zur Anfertigung der Modellbausteine wird durch die bessere Nutzung des Potentials der Planungsgruppe gerechtfertigt.

Nun stellt sich die Frage, warum wir nicht das gegenständliche Modell mit einem virtuellen Rechnermodell koppeln, um den Modellierungsprozeß zu dokumentieren und als Basis für Simulationsstudien zu nutzen. Der Computer könnte die Planer bei ihrer Arbeit unterstützen, indem er an dem virtuellen Modell Simulationen oder Berechnungen durchführt, deren Ergebnisse den Planern zur Verfügung stehen. Genau diese Kopplung, die es ermöglicht synchron im Realen und Virtuellen zu modellieren, ist das Ziel des *Real Reality* Konzepts.

Unsere Erfahrung, daß neben der visuellen auch die gegenständliche Darstellung von Modellen den Realitätsbezug fördert und die Interaktionsmöglichkeiten mit dem Rechner um neue Dimensionen erweitert, wird inzwischen von verschiedenen Seiten bestätigt. Hoffman et al. [Hof97] kommen in einer empirischen Untersuchung zu dem Ergebnis, daß taktile Rückkopplungen, die durch das Berühren gegenständlicher Objekte ausgelöst werden, die Manipulation von Objekten signifikant erleichtern. Daß eine berührbare, gegenständliche Benutzungsschnittstelle auch die intellektuellen Fähigkeiten der Benutzer positiv beeinflusst, haben Rauterberg et al. [Rau96] in einer vergleichenden Studie über verschiedene Interaktionskonzepte festgestellt. Ein Brettspiel wurde von Probanden gegen einen Computer geführt, der entweder mit einem textuellen, einem grafischen oder mit einem gegenständlichen Interface ausgestattet war. Spieler die das gegenständliche Interface benutzten, hatten die besten Gewinnchancen. Ebenfalls auf der Grundlage gegenständlicher Modelle, die an Rechnerfunktionen gekoppelt sind, entwickeln Gorbet und Orth [Gor97] einen Bausatz aus dreieckigen Teilen, die zu einer Vielfalt geometrischer Formen miteinander kombiniert werden können. Ihre Arbeiten entstanden in der Tangible Media Group des MIT die das Ziel verfolgt, die Desktopmetapher durch Gegenstände zu erweitern [Ish97].

2 Das Real Reality Konzept

In einem kalibrierten Bausteinkasten werden Modellobjekte aus Holz oder Kunststoff bereitgestellt. Im Rechner existiert ein kongruentes virtuelles Modell geometrischer Objekte (*Complex Objects* aus realem und imaginärem Teil). Beim Aufbau eines Modells tragen die Modellierer Datenhandschuhe. Anhand der Fingerkrümmungen werden Griffmuster erkannt. Die Position und Orientierung der Hand wird über ein Trackingsystem in allen 6 Achsen bestimmt. Entsprechen die Krümmungswerte am Handschuh einem zuvor *geteachten* Griffmuster, sucht die Real Object Manipulator Software (ROMAN) im virtuellen Modell nach einem Objekt. Dieses wird durch den Greifvorgang mit der getrackten Handposition verknüpft und jetzt sowohl im realen als auch virtuellen Modell synchron bewegt, bis der Griff durch Verlassen des Griffmusters gelöst wird (Abbildung 2).

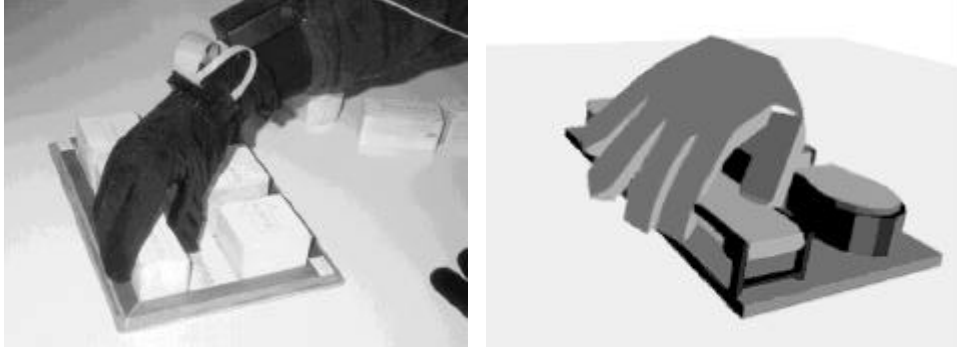


Abbildung 2: Synchroner Modellierung im Realen und Virtuellen

Dabei werden nicht nur die aktuellen Positionen der Objekte gespeichert, sondern auch ihre Bewegungsbahnen. Dieses ermöglicht es, dynamisches Verhalten am Modell durch Vormachen zu programmieren. Durch die automatische Synchronisation des virtuellen Modells kann dieses jederzeit zur Durchführung von Simulationsläufen verwendet werden. Das Feedback aus der Simulation erlaubt das iterative Optimieren des Modells. Laufende *Real Reality* Projekte sind Materialflußplanung, Geometriemodellierung, Pneumatikschaltungen in der Berufspädagogik, Verkehrs- und Stadtplanung sowie der Umgang mit abstrakten Bausteinen.

3 Gegenständliche Modellierung produktionstechnischer Einrichtungen

Im laufenden Projekt RUGAMS¹ steht die Modellierung und Simulation produktionstechnischer Einrichtungen im Vordergrund. Hallenlayouts mit Förderbändern, Verzweigungen, Bearbeitungsstationen und Robotern werden am Modelltisch entworfen. Bereits in dieser Phase ist die ereignisorientierte Simulation mit dem Simulator SIMPLE++ möglich. Jeder Baustein ist hierfür mit einem Defaultverhalten ausgestattet. Die topologische Analyse des virtuellen Modells verknüpft die Simulationsbausteinklassen zu einem lauffähigen Modell. In darauf folgenden Phasen kann das dynamische Verhalten des Modells beeinflußt werden.

Für diese Aufgaben verfügen die virtuellen Bausteine über sogenannte *Sensepoints*. Diese repräsentieren für den Materialfluß relevante Positionen wie z.B. Eingänge, Ausgänge, Verzweigungs- oder Zusammenführungsknoten oder Bearbeitungspositionen. Die Sensepoints sind mit dem Attribut „IN“ für Eingang, „OUT“ für Ausgang oder mit „INTERN“ gekennzeichnet. Die Topologieanalyse verwendet nur die Modelltopologie

¹ Rechnergestützte Übergänge zwischen gegenständlichen und abstrakten Modellen produktionstechnischer Systeme (DFG)

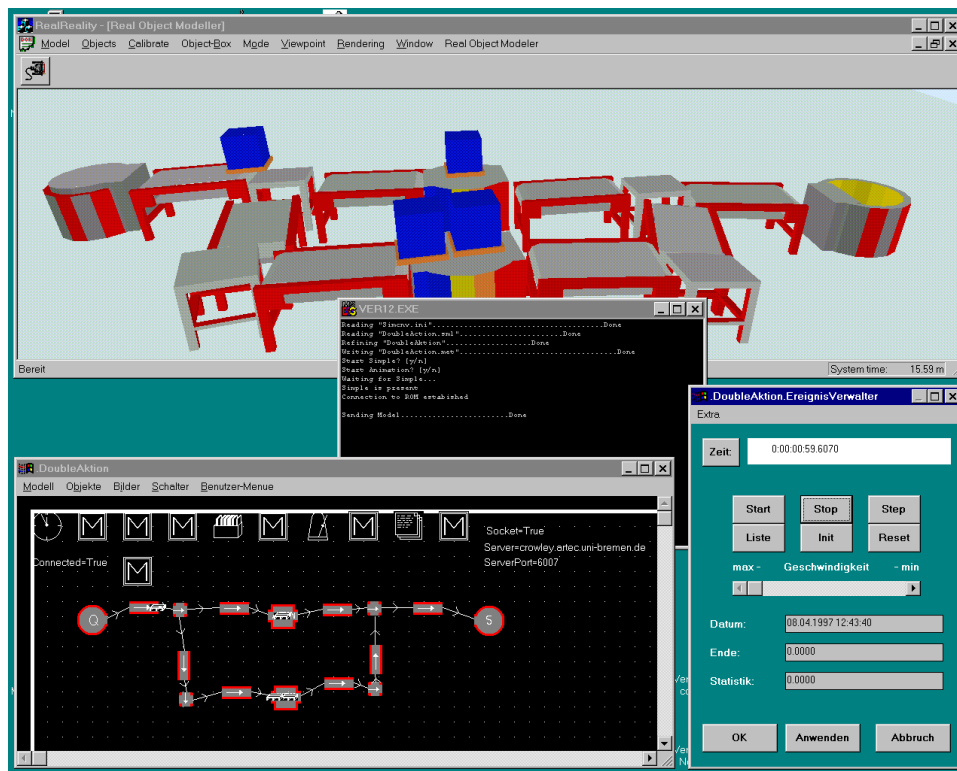


Abbildung 3: Visualisierung von Modelldynamik am VR Modell

und diese Sensepoints, jedoch nicht die Objektgeometrien. Nur Verbindungen zwischen Aus- und Eingängen sind zulässig. Durch diese Einschränkungen ist auch bei Ungenauigkeiten im Modell (Abbildung 3) eine zuverlässige Topologieanalyse möglich.

Beim Vormachen der Route eines Materialfluelements durch das System wird die Reihenfolge der iberfahrenen Sensepoints aufgezeichnet. Diese *Sensepaths* werden zusammen mit der Topologie und Informationen iber die Forderbausteine als *Kontextwissen* für eine Regelerkennung genutzt. Wird ein Verzweigungsknoten iberfahren (Abbildung 4 links), wird die vorgemachte Entscheidungsregel als Attribut der Verzweigung gespeichert. Der Bearbeitungszustand des Materialfluelements, der durch die Farbe der Modellpalette repräsentiert ist, wird in die Verzweigungsregel einbezogen. Wenn das Defaultverhalten an der Verzweigung z.B. zufällig oder alternierend war, wird an der Verzweigung jetzt auf alle Paletten mit gleicher farblicher Kennzeichnung das vorgemachte Verhalten angewandt. Alle anderen Verzweigungsentscheidungen werden weiterhin nach dem Defaultverhalten des Forderbausteins getroffen.

Zusätzlich können Verzweigungen in Abhängigkeit von Anlagenzuständen spezifiziert werden. Entscheidungsrelevante Sensorpositionen werden vor dem iberfahren des Ver-



Abbildung 4: Vormachen einer Verzweigungsregel

zweigungsknotens in ihrem aktuellen Belegungszustand mit einem Token gekennzeichnet (Abbildung 4 rechts). Neben dem Zustand des Materialflußelements hängt die Verzweigung jetzt von der Verfügbarkeit einzelner Ressourcen ab. Werden verschiedene Verzweigungsregeln für eine Situation vorgemacht, werden diese alternierend angewendet.

Gegenwärtig werden von einer wissensbasierten Regelanalyse SIMPLE++-Methoden erzeugt, die das Verhalten des Simulators steuern. In Zukunft werden hierfür Anweisungslisten im Siemens S5-Format zur Anwendung kommen. Diese können dann nicht nur den Simulator steuern, sondern auf Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) auch für reale Anlagen verwendet werden.

Die bei der Simulation in SIMPLE++ erzeugte Modelldynamik wird über eine Socket-Schnittstelle an den ROMAN übertragen, der am virtuellen Modell eine dynamische Echtzeitvisualisierung vornimmt (Abbildung 3). Es ist geplant, dynamische Komponenten mit einem Videoprojektor (Beamer) direkt auf das gegenständliche Modell zu projizieren, um gänzlich auf Bildschirmausgaben verzichten zu können. Am Robotersimulator COSIMIR wurde ebenfalls demonstriert, wie an gegenständlichen Modellen Bewegungsabläufe für Roboter programmiert werden können. Neben der Realisierung der verschiedenen Schnittstellen zu den Simulations- und Steuerungsanwendungen steht die Unterstützung gruppenorientierter interaktiver Modellierungsprozesse im Vordergrund.

4 Ergebnisse

Mit dem Prototypen an der Universität Bremen konnte gezeigt werden, daß mit einem getrackten Datenhandschuh als Interface die synchrone Modellierung im Realen und Virtuellen gut möglich ist.

Die verwendete Hardware² weist jedoch neben einem hohen Preis noch einige Mängel auf. Das magnetische Trackingsystem führt durch seine starke Empfindlichkeit gegen

² Polhemus Trackingsystem; 5th Dimension Datenhandschuh

Metall in der Umgebung oder im Modell zu Ungenauigkeiten, die sich auf das virtuelle Modell auswirken. Die Verwendung von Metallobjekten ist für die Modellierung daher nicht möglich. Der Datenhandschuh verfügt lediglich über 5 Sensoren, die für jeden Finger einen Krümmungswert aufnehmen. Für ein differenziertes Handmodell ist das nicht ausreichend. Mit der zunehmenden Verbreitung von VR werden die verkauften Stückzahlen von Handschuhen und Trackingsystemen steigen. Hiervon erwarten wir einen starken Preisverfall und eine schnelle Weiterentwicklung der Technologien. Die vorhandene Hardware erlaubt jedoch bereits den Einsatz der *Real Reality* Technologie (Abbildung 5).

Bisher wurde nur mit relativ einfachen, wenig komplexen Modellen experimentiert. Während die Software und Visualisierung auch umfangreiche Modelle verarbeiten kann, ist wegen der limitierten Größe des Modelltischs und der Genauigkeit der Griffmodellierung eine passende Skalierung und Abstraktion zu wählen. Das bei Simulationsmodellen bewährte Konzept hierarchischer Modelle ist ein geeigneter Ansatz für komplexe Modelle, der für die gegenständliche Modellierung anzupassen ist.

Für die Modellierung mit *Real Reality* sind besonders Anwendungen geeignet, bei der ebene Topologien aus vordefinierten Bausteinen eine Rolle spielen. Für viele Einsatzgebiete, für die Simulation nur ein Beispiel ist, stellt die Programmierung durch Vormachen ein gut einzusetzendes Konzept dar.

Die Bedienung des Computers geschieht zur Zeit noch mit der Maus oder durch eine Tastatur. Das führt dazu, daß diese Eingabemedien mit angezogenem Datenhandschuh bedient werden, was einen Medienbruch darstellt. Bei der Weiterentwicklung wird daher



Abbildung 5: Arbeit an einem *Real Reality* Modell

die Bedienung des Rechners in die Modellierumgebung einbezogen und kann dann über Gesten oder Spracheingabe erfolgen. Die Visualisierung über eine Projektion unterstützt

den Modellierungsprozeß sehr viel besser als ein Monitor. Dieses Konzept soll deshalb beibehalten und durch eine Projektion direkt auf das Modell verbessert werden.

Die Interaktion zwischen den Planern entwickelte sich an den *Real Reality* Modellen spontan und natürlich. Besonders bei mehreren Modellierenden ist deshalb eine deutliche Verbesserung der Modellhandhabung und Kommunikation gegenüber der Arbeit an einem Bildschirm oder in einer rein virtuellen Umgebung zu beobachten. Die Programmierung durch Vormachen eröffnet den Einsatz von Simulatoren einem breiteren Anwenderkreis, so daß *Real Reality* der Akzeptanz und Verbreitung dieser Technik Vorschub leisten kann.

5 Ausblick

Die gegenständlich basierte Modellbildung stellt eine interessante Alternative zu vielen anderen Ansätzen (z.B. VR) dar. Zunächst soll der Blick der Fachöffentlichkeit auf diese Möglichkeit geschärft werden. Eine modularisierte anwendungsneutrale Softwarearchitektur mit öffentlichen Schnittstellen fördert die Erprobung des Konzepts für neue Anwendungsgebiete. Die Kombination der *Real Reality* Technik mit Projektionen, Bilderkennungsmethoden, und Spracheingabe eröffnet neue Gestaltungsspielräume für den interaktiven Umgang mit dynamischen Modellen. Dieser Spielraum soll für das Design von Benutzerschnittstellen systematisch untersucht werden, die intuitiv zu bedienen sind und die den Computer durch Vermeidung von Medienbrüchen im Hintergrund halten.

Literatur

- [Ari97] Arias, E.; Eden, H.; Fischer, G. (1997): Enhancing Communication, Facilitating Shared Understanding, and Creating Better Artifacts by Integrating Physical and Computational Media for Design. Proceedings of the DIS (Designing Interactive Systems), Amsterdam, S. 1 ff.
- [Bru93] Bruns, F. W. (1993): Zur Rückgewinnung von Sinnlichkeit - Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern. Technische Rundschau Heft 29/30, S. 14-18
- [Gor97] Gorbet, M. & Orth, M. (1997): Triangles: A Physical/Digital Construction Kit. MIT Media Lab, Tangible Media Group, Technical Report.
- [Ham96] Hamacher, B. (1996): Referenzmodelle als Leitbilder der CIM-Gestaltung. In: Technikleitbilder auf dem Prüfstand: Leitbildassessment aus der Sicht der Informatik- und Computergeschichte. Hellige, H. D. (Hg.), Edition Sigma, Berlin, S. 71 ff.

- [Hof96] Hoffman, H., Groen, H., Rousseau, J., Hollander, S. & Winn, A. (1996): Tactile Augmentation: Enhancing Presence in Virtual Reality with Tactile Feedback from Real Objects. Meeting of the American Psychology Society, San Francisco, Ca.
- [Ish97] Ishii, H. & Ullmer, B. (1997): Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. CHI '97 Proceedings.
- [Kre97] Kress, H.; Rix, J. (1997): Visual Engineering - Eine Technologie im Überblick. Industrie Management, Sonderheft Visual Engineering, 13 (1997) 1, GITO-Verlag.
- [Pia70] Piaget, J. (1970): Genetic Epistemology. Dt: Einführung in die genetische Erkenntnistheorie. New York, London, S. 22 ff.
- [Rau96] Rauterberg, M., Mauch, T. & Stebler, R. (1996): What is a Promising Candidate for the Next Generation Interface Technology? Proc. of the 5th Conf. on Interfaces To Real & Virtual Worlds, Montpellier.
- [Schä97] Schäfer, K; Brauer, V; Bruns, F. W. (1997): A new Approach to Human-Computer Interaction; Synchronous Modelling in Real and Virtual Spaces. Proceedings of the DIS (Designing Interactive Systems), Amsterdam, S. 335 ff.
- [Sche94] Scheel, Hacker & Henning (1994): Fabrikorganisation neu beGreifen. TÜV Rheinland, Köln, S. 155 ff.