

Beitrag zur Tagung der deutschen VR-Anwender in Köln, 10-12 Juni 1997

Arbeitstitel:

Real Reality: Eine Synthese aus Simulation und Virtual Reality mit Anwendungsbeispielen aus der Produktionstechnik

Autoren:

V. Brauer, F. W. Bruns und K. Schäfer
email: {vob | bruns | schaefer}@artec.uni-bremen.de
<http://www.artec.uni-bremen.de>

Universität Bremen
Forschungszentrum Arbeit und Technik
April 1997

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, das die bisher voneinander getrennten Technologien rechnergestützter Simulation und Virtual Reality zusammenführt: Real Reality. Unter dieser Bezeichnung verstehen wir die Kombination gegenständlicher, anfaßbarer Modellbausteine, wie sie in der Simulationstechnik häufig eingesetzt werden, mit virtuellen, rechnerinternen Modellelementen in dreidimensional grafischer Repräsentation. Diese Kopplung bietet eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, von denen einige aus dem Bereich Produktionstechnik vorgestellt werden.

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. F. W. Bruns, Universität Bremen, artec, Postf. 330 440, 28334 Bremen.
Tel.: 0421/218-4206, -2435. Fax: -4449.

Einleitung

Die rechnergestützte Simulation hat eine lange Tradition in den Anwendungsgebieten Produktion und Logistik. Das Experimentieren an und mit einem Modell, sei es ein mathematisches oder eine miniaturisierte Nachbildung einer Realanlage, gehört zu den grundlegenden Methoden in der Planung, im Betrieb und in der Ausbildung an produktionstechnischen Einrichtungen. Bevor extrem kostenaufwendige Neu- und Umbaumaßnahmen in die Tat umgesetzt werden oder neue Betriebsprogramme wegen einer Umstellung auf andere Produkte installiert werden, ist eine reibungslose Inbetriebnahme sicherzustellen. Fehler in der Planung führen zu teuren Ausfallzeiten, in denen u.U. der gesamte Produktionsbetrieb stillsteht. Die Simulationstechnik bietet die Möglichkeit zur Vorausschau auf das zukünftige System anhand eines (vereinfachten) Modells und kann somit zu einer größeren Planungssicherheit beitragen.

In Hinblick auf den Einsatz der Simulationstechnik sind u.a. zwei Faktoren zu nennen, die wesentlich den Erfolg einer Studie und die Akzeptanz der Resultate bestimmen. Der eine bezieht sich auf die Abbildung des existierenden bzw. geplanten Systems in ein Simulationsmodell d.h. die Frage danach, wie gut das Modell dem Vorbild entspricht. Und zum anderen ist es die Anschaulichkeit und Transparenz, mit der sowohl der dynamische Ablauf der Experimente als auch deren Ergebnisse präsentiert werden, die den Planern glaubhaft dargestellt werden müssen. Damit stehen die Anwender der Simulationstechnik vor der Aufgabe, ein valides Modell für ihr Problem zu spezifizieren und dieses, entweder selbständig oder mit Unterstützung eines Experten, in ein Simulationsmodell für ein Simulations-Werkzeug (Simulator) zu überführen (ggf. programmieren) und es anschließend zu simulieren. Abhängig vom gewählten Simulator, variiert der Zugang des Benutzers zum Simulationssystem und die Art und Weise, wie Simulationsmodelle zu definieren sind. Ein verbreitetes Konzept ist es, eine Simulationssprache zur Verfügung zu stellen, mit der programmiert werden kann, und darauf aufbauend eine grafische Benutzungsschnittstelle einzurichten, mit der anhand vorkonfektionierter Bausteine ein Simulationsmodell konfiguriert werden kann. Neben diesen sprachlichen und grafischen Darstellungsmethoden haben sich gegenständlich-stoffliche Modellanlagen bewährt, bei denen insbesondere physikalische Eigenschaften erhalten bleiben und logisch-funktionale Zusammenhänge wirklichkeitsnah verdeutlicht werden können.

Mit den Fortschritten im Bereich der Computer Grafik bieten sich erweiterte Möglichkeiten zur grafischen Darstellung auf diversen Ausgabegeräten, bis hin zur Projektion ganzer virtueller Räume, in denen Menschen mit grafischen Objekten interagieren können. Allein eine grafische Abbildung führt jedoch noch nicht zu dem, was mit dem Begriff „Virtual Reality“, nämlich die Rekonstruktion der Realität im Rechner, suggeriert wird. Den virtuellen Objekten, wenn sie denn überhaupt ihren physikalischen Vorbildern ähneln sollen, fehlt es an Eigenschaften, die im Umgang mit den Originalen selbstverständlich sind. Als simples Beispiel wird häufig die fehlende Gravitation in VR-Räumen genannt. Unter anderem dieser Mangel führte zur Erweiterung des Sprachstandards VRML, womit zukünftig die Definition dynamischen Objektverhaltens möglich ist. Dies ist ein Beispiel, welches zeigt, daß sich die Kombination der Simulationstechnik, dessen ureigenes Gebiet die Definition dynamischer Modelle ist, mit Virtual Reality vielversprechend ist. Beide Technologien könnten von dieser Synthese profitie-

ren: Virtual Reality Anwendungen kämen dem näher, was sie bereits oft versprochen haben, aber bisher selten oder nur mit hohem Aufwand einlösen konnten, und die Simulationstechnik würde um die Komponente der interaktiven Grafik bereichert werden. Paul Fishwick schreibt hierzu: „Think of simulation as the engine which drives the graphics and VR technologies.“

Die aus dieser Synthese resultierende Problematik der Integration verschiedener Hard- und Software-Systeme wird im Rahmen mehrerer Projekte an der Universität Bremen vom Forschungszentrum Arbeit Technik (artec) untersucht. Dabei wird schwerpunktmäßig auch der Frage nachgegangen, wie gegenständliche Modelle, also anfaßbare, greifbare Gegenstände, als eine fundamentale Dimension der Simulationsmethodik mit virtuellen Modellen kombiniert werden können. Da wir in diesem Zusammenhang häufig mit gegenständlichen Objekten („realen Modellen“) konfrontiert werden, haben wir diesen Ansatz – komplementär zu Virtual Reality – „Real Reality“ genannt.

Das Real Reality Konzept

Das Real Reality Konzept sieht die Verknüpfung zweier Modellwelten vor, die bis heute strikt voneinander getrennt erstellt und benutzt werden. Eine Reihe von Simulationsstudien, die gemeinsam mit gewerblich-industriellen Partnern durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß gegenständliche Modelle, bestehend aus Holz-, Kunststoff oder Papierelementen, zur Verständigung zwischen den Beteiligten und zum Verständnis komplexer Zusammenhänge das bevorzugte Kommunikationsmedium während der Entwurfsphase von Simulationsmodellen sind (Abb. 1). Die vereinbarten Ergebnisse werden erst daran anschließend mittels eines Simulators in ein virtuelles Modell übertragen, wobei die Gefahr besteht, daß während des Übergangs vom Realmodell zum rechnerinternen Simulationsmodell Fehler gemacht werden.



Abb. 1 Layoutplanung mit gegenständlichen Modellen (Scheel, 1994)

Durch eine direkte Kopplung zwischen realen, greifbaren Modellbausteinen und virtuellen Modellelementen wird diese Fehlerquelle beseitigt. Durch synchrones Arbeiten im Realen und Virtuellen entstehen zwei miteinander gleichgeschaltete Modelle. Diese Kopplung wird erreicht, indem alle Aktionen, die an den Realbausteinen vorgenommen werden, auf die parallel im Rechner vorhandenen virtuellen Bausteine übertragen wer-

den. Dafür werden die Hände der Benutzer sensorisiert, d.h. ein Datenhandschuh in Einheit mit einem Tracking-System mißt kontinuierlich den Zustand der Hand sowie die Position innerhalb des Realmodells und mittels entsprechender Software werden Griff- und Gestenereignisse des bzw. der Benutzer erkannt. Diese werden vom Real Reality Modellersystem interpretiert, welches das virtuelle Modell aktualisiert. Somit besteht in der modellerzeugenden Phase eine direkte geometrische, topologische und funktionale Analogie zwischen dem physikalischen und dem rechnerinternen Modell. Erst in der nachfolgenden Phase des Experimentierens mit dem rechnerinternen Modell und dessen Variation kann eine Auseinanderbewegung der beiden Modelle erfolgen.



Abb. 2 Layout- und Prozeßplanung mit Real Reality Modellen (Hannover-Messe, 1996)

Abbildung 2 zeigt ein einfaches, aus Fischer-Technik Förderbandmodellen aufgebautes Transportsystem und im Vordergrund einen Kollegen, der einen Datenhandschuh trägt. Bei dieser Anordnung verschwindet der Rechner im Hintergrund, man ist unabhängig von der Bildschirmausgabe und kann sich auch mit mehreren Teilnehmern konzentriert den Inhalten zuwenden. Anhand des Modells können Transportwege von Paletten, die an der abgebildeten Verzweigung angeliefert werden, dem System vorgemacht und in einem anschließenden Simulationslauf analysieren werden (Abb. 3).

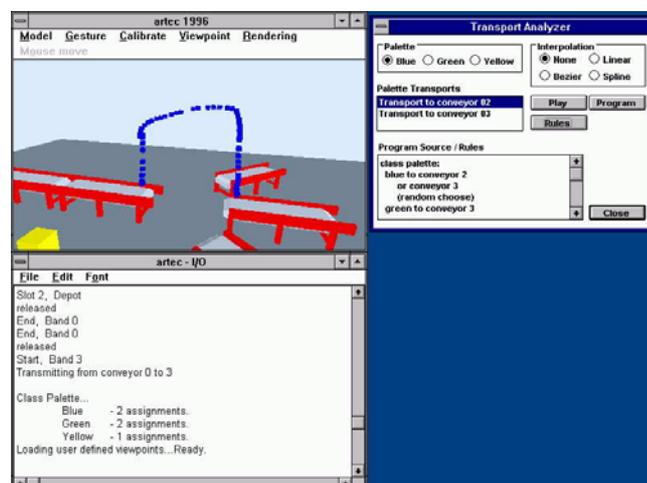


Abb. 3 Ein visualisierter Transportweg an einer Verzweigung

Dieser Prototyp bietet im Wesentlichen die folgenden Funktionen:

- Die mit dem Datenhandschuh aufgezeichneten Wege können analysiert und in Bewegungsbahnen für Roboter umgerechnet werden. Mit Hilfe eines Roboter-Simulators können diese Bahnen nachgefahren, überarbeitet und in ablauffähige Roboterprogramme umgewandelt werden. Dieses Verfahren wurde bereits mit dem Simulationssystem COSIMIR der Fa. Festo realisiert.
- Aus den vorgemachten Wegen werden Zuteilungsregeln generiert, welche die Verteilung der Paletten im System steuern. Dabei werden verschiedene Palettentypen, hier durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet, denjenigen Förderbändern zugeordnet, auf die zuvor der Benutzer Paletten abgesetzt hat.
- Mit Hilfe der generierten Regeln kann eine Materialflußsimulation durchgeführt werden, bei der in zufälliger Reihenfolge erzeugte Paletten, den Regeln entsprechend, durch das Transportsystem geschleust werden.
- Der Prozeß der Simulation wird mit dreidimensionalen Grafikmodellen visualisiert. Während die Simulation abläuft, kann der Benutzer am Bildschirm durch das virtuelle System navigieren und es aus verschiedenen Perspektiven betrachten.

In einer Weiterentwicklung des Prototypen wurde eine Kopplung des Real Reality Modellersystems mit dem industriell weit verbreiteten Simulator Simple++ realisiert. Damit wird die in VR-Entwicklungsumgebungen fehlende Funktionalität zur Abbildung realer physikalischer Prozesse mit ihren funktionalen und zeitlichen Parametern verfügbar. Um dies zu erreichen, werden die ablaufenden Programme der Visualisierung und der Simulation mit Techniken der Interprozeß-Kommunikation (Sockets) miteinander verbunden. Der Simulator sendet über diese Kommunikationsschnittstelle kontinuierlich Zustandsänderungen des Simulationsmodells an das Visualisierungssystem, so daß dieses ständig aktualisiert werden kann. Darüber hinaus können sich nach dem Prinzip der Client/Server Architektur mehrere Workstations an einen Modell-Server anmelden, den aktuellen Zustand des virtuellen Modells laden und wiederum auch grafisch darstellen. Auf diese Weise kann man über das Internet mit jedem Rechner, der über die entsprechende Client-Software verfügt, einen Modellierungsvorgang verfolgen, womit ein erster Schritt des Real Reality Konzepts in Richtung eines Tele-Modellersystems realisiert ist.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten

Die Kombination von realen mit virtuellen Modellen macht vor allem dann Sinn, wenn Realmodelle innerhalb eines Anwendungsgebiets Bestandteil der zugehörigen Methodik sind. Dieses trifft beispielsweise auf die Bereiche Ausbildung, Planung und kreatives Entwerfen zu, wobei Realmodelle in vielen verschiedenen Formen und Ausprägungen als Mittel zur Visualisierung, Kommunikation oder auch als Ersatz für echte Anlagen und Systeme eingesetzt werden. In der beruflichen Ausbildung werden – häufig auch aus Kostengründen – Nachbildungen von Maschinen, Robotern und anderen Einrichtungen genutzt, um die Bedienung und die Funktionsweise der Realsysteme zu unterrichten. Für viele solcher Systeme gibt es auch computerbasierte Simulationssysteme, mit denen ihre Funktionsweise demonstriert und auch weitergehende Lernziele, wie z.B. das Programmieren von Steuerungen, erlernt werden können. Die physikalischen

Modellanlagen und die rechnergestützten Simulatoren existieren in der Praxis jedoch nur nebeneinander her, so daß der Bezug zwischen dem, was mit dem Simulator, und dem, was mit dem Modell gemacht wird, nur schwer hergestellt werden kann. Diese Grenze aufzuheben, ist das Ziel eines weiteren Real Reality Projektes.

Dabei geht es um den Aufbau, die Analyse und die Simulation von pneumatischen Schaltungen, die im Pneumatik-Unterricht an einer Schalttafel erstellt werden. So wie es das Real Reality Prinzip vorsieht, werden die Schaltelemente aus einem Pneumatik-baukasten entnommen, auf die Schalttafel gesteckt und mit Schläuchen verbunden, so daß ein pneumatischer funktionaler Regelkreis entsteht (Abb. 4). Da die Verschaltung über den Datenhandschuh gleichzeitig an den Computer übermittelt wird, entsteht simultan ein virtuelles pneumatisches Modell.

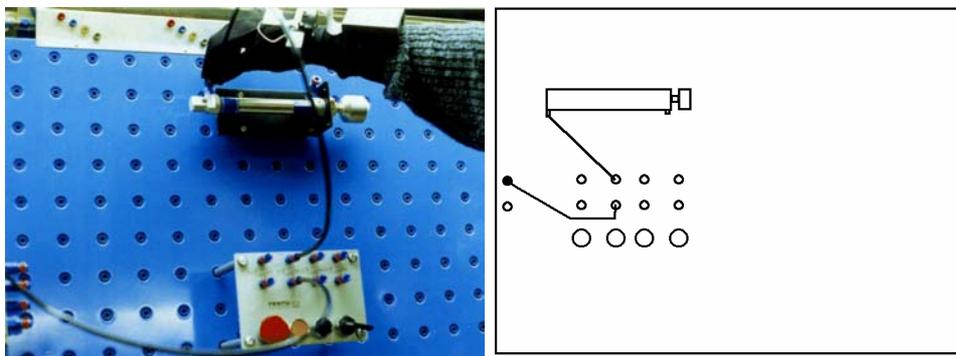


Abb. 4 Aufbau eines pneumatischen Schaltkreises als Realmodell und als Rechnermodell

Dieses Modell kann, ebenso wie das Realmodell, in Betrieb genommen werden. Besonders interessant dabei ist, daß eine Überprüfung stattfinden kann, ob das digitale Modell sich tatsächlich so verhält wie das reale, das an Druckluft angeschlossen wird und bei dem sich mechanische Schalter, Ventile und Kolben bewegen.

Abgesehen von der Möglichkeit zur Simulation, ist weiterhin geplant, daß das System den Schülern Aufgaben stellt, die sie an der Schalttafel lösen müssen. Ferner können auf dem Computer bereits fertiggestellte Schaltpläne hinterlegt werden, die identisch nachzubauen sind. Während der manuellen Verschaltung könnte der Computer dann eine Qualitätskontrolle durchführen und sofort auf Fehler und Abweichungen vom Plan hinweisen.

Das oben diskutierte Anwendungsfeld der Layoutgestaltung von Produktionsanlagen ist nicht nur auf den industriellen Bereich beschränkt, sondern kann auch auf andere Planungstätigkeiten übertragen werden. So wären Anwendungen für Architekten, Landschaftsplaner, Chemiker und viele andere durch einfaches Austauschen der Modellbausteine möglich. Für Multi-Media Applikationen im Internet wird zur Zeit ein gegenständlicher VRML-Editor konzipiert und implementiert, mit dem eine VRML-Welt als Realmodell aufgebaut und das dynamische Verhalten der darin enthaltenen Objekte definiert werden kann. Auf diese Weise kann jedermann durch spielerisches Umgehen mit Modellen VRML-Szenen generieren und sie im Internet publizieren.

Bisherige Erfahrungen und zukünftige Ziele

Die bisherigen Erfahrungen mit dem Real Reality System zeigen, daß die Einbindung bzw. der Erhalt der Dimension der Gegenständlichkeit, also das Arbeiten mit realen Modellbausteinen, sowohl von den Benutzern als auch vom Fachpublikum, dem es auf diversen Veranstaltungen präsentiert wurde, außerordentlich positiv aufgenommen wird. Gerade das, was in VR-Umgebungen wegen des fehlenden physikalischen Widerstands zu Problemen führt, nämlich das Greifen und Manipulieren von Objekten sowie die Fixierung auf den Computer, wird durch den Umgang mit Realmodellen vermieden. Die Modellelemente werden wie gewohnt gegriffen, bewegt, manipuliert und wieder abgesetzt. Der gesamte Vorgang der Modellerstellung kann gemeinschaftlich mit mehreren Personen, die sich gegenseitig ergänzen, Ideen einbringen oder Kritik äußern können, erfolgen. Damit bietet Real Reality nicht nur eine alternative Eingabeschnittstelle zum Computer, sondern darüber hinaus ein Kommunikationsmedium für mehrere Benutzer, das mit einem Rechner gekoppelt ist. Dieser kann Protokollfunktionen übernehmen, wertet die Eingaben aus und erstellt ein virtuelles Modell. Dieses kann, die vielseitigen Fähigkeiten des Rechners nutzend, analysiert, simuliert, visualisiert und archiviert werden. Damit stehen für ein und dieselbe Aufgabe völlig verschiedene Perspektiven auf eine Problematik zur Verfügung. Je nach persönlicher Präferenz und abhängig von der jeweiligen Zielsetzung, kann eine dieser Perspektiven zum Verständnis einer Problemsituation herangezogen werden.

Gegenwärtig wird daran gearbeitet, für die Planung von Produktionsanlagen nicht nur das Layout und lokale Steuerungsfunktionen einzelner Maschinen zu unterstützen, sondern darüber hinaus auch die Produktionslogistik mit dem Zusammenspiel der beteiligten Komponenten in ein Real Reality Modell abzubilden. Dies bedeutet, daß die logische Verknüpfung (Topologie) zwischen den einzelnen Komponenten erkannt wird und das konkrete Schaltverhalten an Abzweigungen oder Kreuzungen spezifiziert werden muß. Nach heutigem Stand der Technik ist dafür die Programmierung von Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) in spezialisierten Sprachen notwendig. Wir wollen diesen Vorgang vereinfachen, indem die Möglichkeiten des Vormachens anhand von Realmodellen noch erweitert werden. Die Überprüfung der generierten SPS-Programme kann dann wiederum sowohl am Realmodell, welches für diesen Zweck mit Motoren, Sensoren und Aktoren ausgestattet wird, oder mit einem Simulator am Computer erfolgen. Da es eine direkte Kopplung zwischen dem Simulationssystem und der 3D-Grafikausgabe gibt, wird eine realitätsnahe Wiedergabe des Prozeßmodells am Bildschirm erreicht.

Dennoch wird auf längere Sicht die bildschirmorientierte Ausgabe an Bedeutung verlieren – insbesondere dann, wenn in Gruppen gemeinschaftlich an einem Modell gearbeitet wird. Wir arbeiten zur Zeit an Konzepten, wie die Informationen im Rechner besser an den Modelltisch herangeführt und in das Realmodell integriert werden können. Verschiedene Formen von Projektionen und die Sprachausgabe durch den Computer kommen dafür in Frage.

Technische Realisierung

Das Real Reality Modellersystem läuft auf Standard-PCs mit MS Windows 95 oder NT 4.0. Für die Visualisierung wird das World Tool Kit R6 von Sense8 eingesetzt, das

den MS Visual C++ Compiler voraussetzt. Als nützliches Entwicklungswerkzeug hat sich weiterhin die Klassenbibliothek LEDA (Library of Efficient Datatypes and Algorithms) des Max-Planck Institutes für Informatik, Saarbrücken erwiesen. Es sind bisher verschiedene Simulationssysteme an das Real Reality System angeschlossen worden: der Materialfluß-Simulator Simple++, der Roboter-Simulator COSIMIR sowie eine universitäre Eigenentwicklung. Ferner wurden diverse Modellbausteine aus eigener Herstellung, von Fischer-Technik, Lego und der Fa. Festo eingesetzt.

Zusätzlich zur Eingabe mit dem Datenhandschuh (5th Glove von 5th Dimension Technologies mit Polhemus IsoTrak II) ist in Zukunft auch der Einsatz von Videokameras und Bilderkennungsverfahren geplant. Auf diese Weise können die Benutzer sich frei im Raum bzw. am Modelliertisch bewegen, was gegenwärtig noch durch diverse Kabel behindert wird.

Kooperationsmöglichkeiten

Unsere Forschungsgruppe hat reichhaltige Erfahrungen in der Durchführung von Projekten mit Partnern auf nationaler und europäischer Ebene. Jeweils eingebettet in bestimmte Forschungsfragen, wurden und werden Studien in den Bereichen Simulation, Hypermedia und Internet durchgeführt, an denen häufig auch industrielle Partner beteiligt sind. Von den Ergebnissen, die dabei erzielt werden, profitieren alle Beteiligten, die diese in ihre Produkte, Organisation oder Methodik einfließen lassen. Wir sind insbesondere an der Weiterentwicklung und Erforschung des hier dargestellten Real Reality Konzeptes interessiert, worin sich unsere langjährigen Erfahrungen und Entwicklungsarbeiten wiederfinden.

Das Real Reality System ist weniger ein Produkt, das zu einem festen Preis käuflich zu erwerben ist, sondern ein Konzept, das in vorhandene Produkte integriert (siehe Pneumatik-Schalttafel) oder an bestimmte Verfahren, wie die Layoutplanung in der Produktionstechnik oder den Berufsschulunterricht, angepaßt werden muß. Diese Arbeiten können entweder im Rahmen eines zu beantragenden Förderprogrammes oder durch direkte Mittelzuwendung finanziert werden.

Weiterführende Literatur

- Brauer, V. (1996): Simulation Model Design in Physical Environments. ACM SIGGRAPH, Computer Graphics, Vol. 30, No. 4
- Bruns, F. W. (1993): Zur Rückgewinnung von Sinnlichkeit - Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern. Technische Rundschau Heft 29/30, S. 14-18
- Bruns, F. W., Heimbucher, A., Müller, D. (1993): Ansätze einer erfahrungsorientierten Gestaltung von Rechnersystemen für die Produktion. artec-Paper 21, Bremen
- Bruns, F. W., Brauer, V. (1996): Greifendes und begreifendes Modellieren im Realen und Virtuellen. 7. GI-Workshop „Hypermedia und KI“. Hannover, Nov. 95
- Bruns, W., Brauer, V. (1996): Bridging the Gap between Real and Virtual Modeling - A New Approach to Human-Computer Interaction -. IFIP-Workshop „Virtual Prototyping“, Texas (im Druck, auch als artec Paper Nr. 46, Universität Bremen)

- Bruns, Brauer, Schäfer & Faust (1996): Erster Zwischenbericht zum DFG-Projekt RUGAMS, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn
- Fishwick, Paul (1995): Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- Klußmann, J. (1994): Aufbereitung von CAD-Zeichnungsdateien zur weiteren Verwendung in Materialflußsimulatoren unter Berücksichtigung der STEP-Norm. Diplomarbeit, Universität Bremen
- Krauth, J., Meyer, R. (1993): Vergleich von Simulationsergebnissen verschiedener Simulatoren anhand eines Beispielmodells. In: Sydow, A. (Hrsg.): Tagungsband zum 8. ASIM-Symposium Simulationstechnik in Berlin. ASIM-Reihe "Fort-schritte in der Simulationstechnik", Band 6, Braunschweig - Wiesbaden: Vieweg Verlag
- Kuhn, A., Reinhardt, A. (1993): Handbuch Simulationsanwendungen in Produktion und Logistik. Vieweg, Braunschweig
- Noche, B., Wenzel, S. (1991): Marktspiegel Simulationstechnik in Produktion und Logistik. Verlag TÜV Rheinland, Köln
- Scharf, P., Spies, W. (1990): Fabriksimulation - Ergebnisse einer Befragung von Anwendern. VDI-Z 11, S. 62-65
- Scheel, Hacker & Henning (1994): Fabrikorganisation neu beGreifen. Verlag TÜV Rheinland, Köln
- Splanemann, R. (1995): Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen aus systemneutral definierten Unternehmensdaten. Dissertation, Universität Bremen
- Zühlke, D., Küster, J. (1994): Die Simulation als Planungshilfsmittel. VDI-Z 136, 5, S. 33 - 37