

Von Uwe Bracht und Martin Fahlbusch

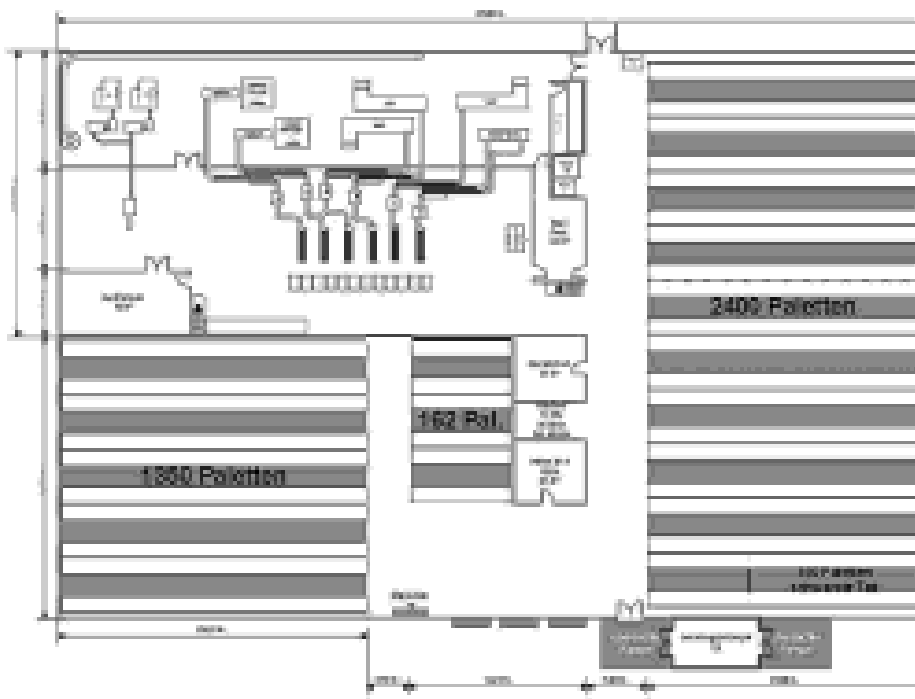


Bild 1: 2D-Hallenlayout für einen Lebensmittel verarbeitenden Betrieb

Nach den klassischen Ansätzen ist die Planung von Fabriken mit ihren Produktions- und Logistiksystemen geprägt von funktionsorientiertem, tayloristischem Denken. Das weltweite Umfeld für produzierende Unternehmen hat sich jedoch grundlegend gewandelt. Ursachen des enormen Anpassungs- und Veränderungsdruckes sind im wesentlichen folgende Entwicklungen:

- Globalisierung der Absatzmärkte und Produktionsstandorte
- Wandlung vom Verkäufer- zum Käufermarkt
- verkürzte Produktlaufzeiten und häufigere Modellwechsel
- gestiegene Variantenvielfalt.

- die „fraktale Fabrik“
- Fertigungssegmentierung
- Einführung von Gruppenarbeit
- Bildung von Prozeßketten
- Reduzierung von Fertigungstiefe und Komplexität
- Minimierung des logistischen Aufwandes
- Kundenorientierung
- Mitarbeiterorientierung.

Diese Strategien wirken auf alle Objektbereiche der Fabrikplanung, das heißt, sie führen zu modifizierten oder neuartigen Gestaltungs- und Organisationslösungen der Produktionskonzepte [BRA99]. Ziel innovativer marktflexibler Produktionskonzepte ist der Aufbau durchgängiger, dezentral strukturierter, autonom agierender und kooperativ vernetzter, flexibler Produktionssysteme bei ausgeprägter Markt- bzw. Kundenorientierung. ►

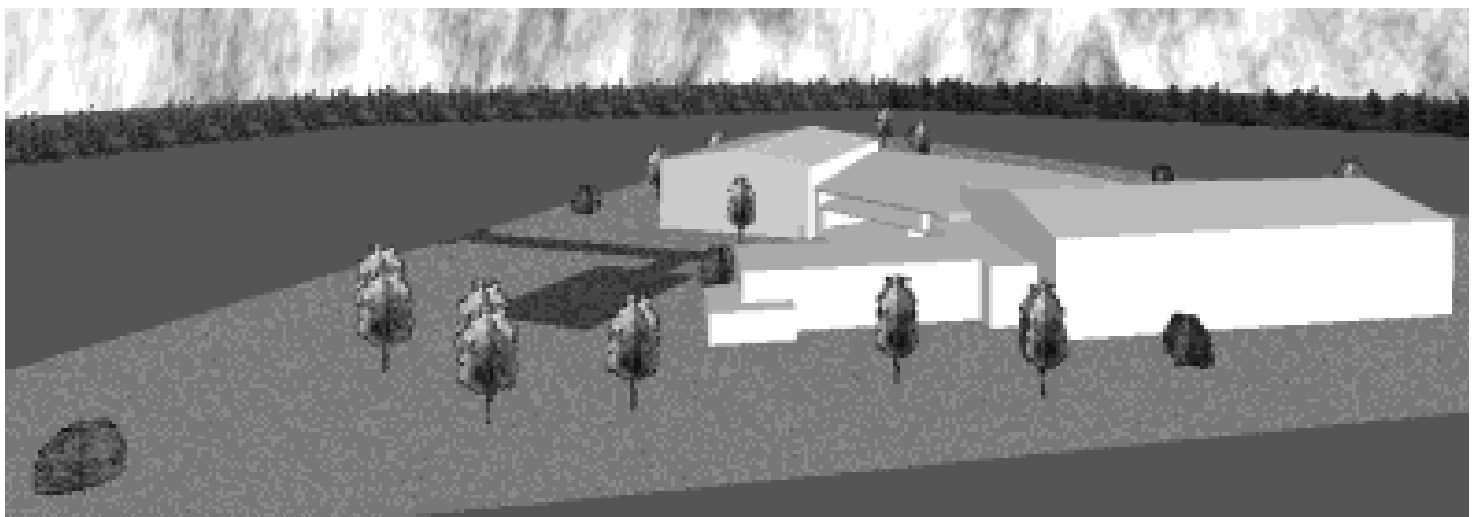


Bild 2: VR-Modell einer Generalbebauungsplanung

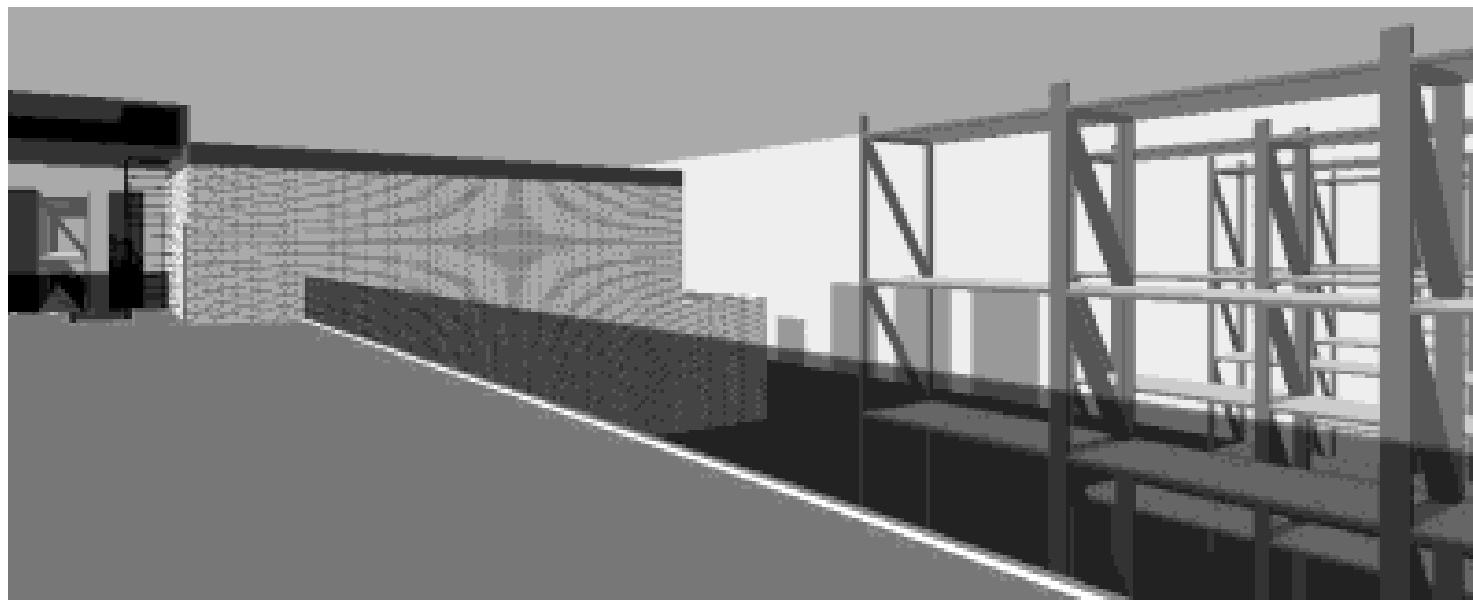


Bild 3: VR-Planung für die Halleneinrichtung

Daraus ergeben sich gerade für die Fabrikplanung neue Notwendigkeiten, die Veränderungen in den Planungsabläufen sowie neuartige Werkzeuge erforderlich machen.

Instrumente für die Fabrikplanung

Im Laufe der Zeit haben sich die Werkzeuge des Planers und Konstrukteurs stetig weiterentwickelt. Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit wurden erweitert und die Reproduzierbarkeit und leichte Veränderbarkeit verbessert. Die nachfolgend beschriebenen Planungswerkzeuge wurden bei Projekten am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB) eingesetzt.

CAD-SYSTEME

CAD-Programme, die rein zweidimensionale Zeichnungen ermöglichen, sind inzwischen vom Markt nahezu verschwunden bzw. stellen Versionen mit reduzierten Funktionalitäten von 3D-CAD-Systemen dar (z.B. AutoCAD LT). Die Idee des computerunterstützten Zeichnens ist die logische Weiterentwicklung des technischen Zeichnens, umgewandelt auf ein neues Darstellungsmedium (d.h. Computer) und erweitert um Funktionalitäten, die eine einfache Anpassung der Zeichnung bei Änderungen oder Korrekturen ermöglichen.

Der Zeichenprozeß selbst stellt jedoch gegenüber dem technischen Zeichnen von Hand einige grundlegend andere Anforderungen an den Planer oder Kon-

strukteur. Das Zeichnen erfolgt über geeignete Interaktionsgeräte wie Maus, Grafiktablett oder Tastatur. Dadurch geht jedoch ein Großteil der Intuitivität und damit der Kreativität des Zeichnens verloren, was durch entsprechende Vorarbeiten (Skizzen!) kompensiert werden muß.

Hier bieten die neuen Techniken der Virtuellen Realität ein erhebliches Verbesserungspotential, weil die Intuitivität und Kreativität durch neuartige Interaktionstechniken wieder gefördert werden.

Das reine 2D-CAD hat zudem den gravierenden Nachteil des fehlenden räumlichen Eindrucks (**Bild 1**). Um diesen Nachteil zu beheben, sind inzwischen nahezu alle CAD-Pakete um die Komponente der dritten, der räumlichen Dimension erweitert worden.

Für den Bereich der Fabrikplanung sei allerdings noch bemerkt, daß bisher nur in sehr wenigen Unternehmen Planungen mittels 3D-CAD vorgenommen werden. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß die Integration aller notwendigen Zeichnungsinformationen z.B. über Gebäudestruktur, Fördertechnik, Maschinen, Ver- und Entsorgungstechnik etc. den Aufwand für die 3D-Zeichnung extrem ansteigen lassen. Statt der dreidimensionalen Zeichnung wird oft auf ein zweidimensionales Schichtenmodell zurückgegriffen, das mit relativ wenig Aufwand erstellt werden kann und das mit dem Ein- und Ausblenden von Layern eine einfache Struktur behält [BRA90].

3D-MODELER

Um das Manko der komplizierten Bedienung von 3D-CAD-Systemen zu mindern und dem Anwender das leichte Darstellen von komplexen dreidimensionalen Gebilden zu erleichtern, wurden Programmsysteme entwickelt, die eine baukastenähnliche Ansammlung dreidimensionaler Grundstrukturen enthalten, die auf einfache Weise in Zeichnungen eingefügt werden können (**Bild 2**). ▶

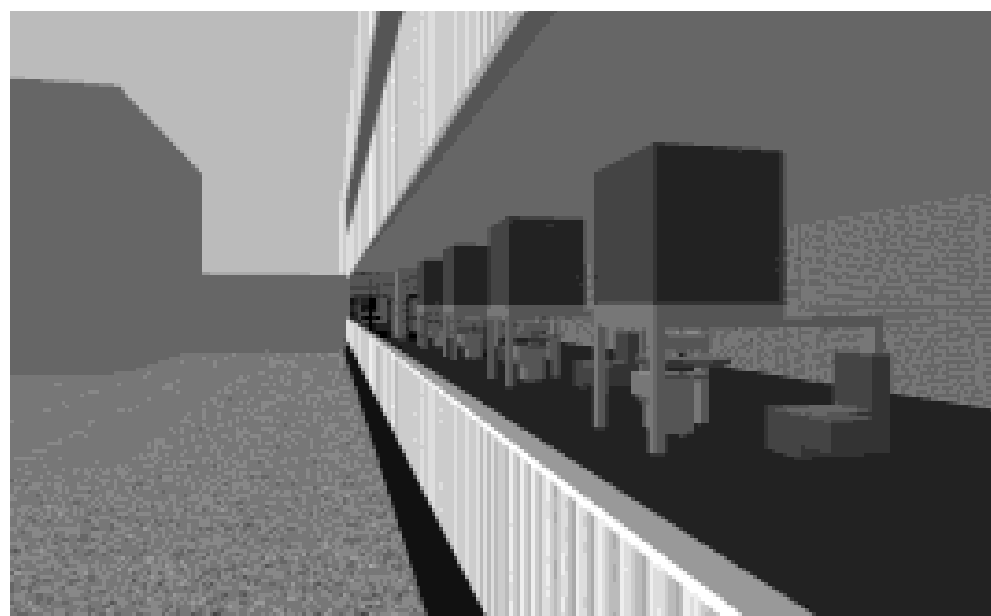


Bild 4: VR-Modell des Produktionsbereiches

Zu nennen sind hier Programme wie SOLID WORKS oder 3D STUDIO MAX. Die Funktionalität ist im wesentlichen vergleichbar mit der von zweidimensionalen Zeichenprogrammen. Auch hier kann vom einfachen dreidimensionalen Objekt bis zur perfekten, photorealistisch gerenderten Darstellung nahezu jede Zwischenstufe erreicht werden (**Bild 3, Bild 4**). Für den Einsatz bei Anwendern, die nicht permanent dreidimensional konstruieren wollen, erscheinen diese Programmpakete als einfach zu handhabende Alternativen zum 3D-CAD.

SIMULATION VON PRODUKTIONS-, MATERIALFLUß- UND LOGISTIKSYSTEMEN

Die Simulation unterstützt die geforderte permanente Planungsbereitschaft durch technische Hilfsmittel. Nach Prognosen wird der Anteil, den die Simulation an den planerischen Aktivitäten hat, in Zukunft stark ansteigen; die Anwendungsfelder der Simulation sind vielschichtig und reichen von der groben Konzeptplanung über Untersuchungen zur Arbeitsorganisation bis zu strategischen Aufgabenstellungen.

Am IMAB wird Simulation in den Bereichen Lehre und Forschung sowie im Rahmen von Industrieprojekten intensiv eingesetzt [FAH00/2].

Das VR-Labor am IMAB

Am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit wurde ein VR-Labor installiert, das den fortgeschrittenen Entwicklungen Rechnung trägt. Das Labor befindet sich derzeit im produktiven Probebetrieb und soll ab dem nächsten Semester unter anderem auch von Studierenden im Rahmen des Fachpraktikums „Fabrik- und Anlagenplanung“ eingesetzt werden [FAH00/1].

Im einzelnen besteht das Labor aus einer Reihe von hochmodernen VR- und Visualisierungswerkzeugen, die nachstehend kurz beschrieben werden sollen. Ziel der neuen Hard- und Softwarekomponenten ist es, die bislang nur mit einem physischen Modell erreichte plastische Begreifbarkeit mit Hilfe der Virtuellen Realität durch digitale Modelle zu ersetzen.

Dazu soll insbesondere auf verschiedene stereoskopische Sichtgeräte zurückgegriffen werden. Jedes Gerät für sich bietet einen gewissen Grad an Immersion. Der Begriff Immersion beschreibt den Effekt des scheinbaren Eintauchens in die virtuelle Welt. Die Variation der Geräte soll die Frage beantworten, wann wieviel Immersion notwendig ist und welche Geräte dafür geeignet sind.

STEREOMONITOR

Die preisgünstigste und einfachste Methode, einem Betrachter stereoskopische Darstellungen zu visualisieren, bietet der Stereo-Monitor. Dabei kann jeder normale Monitor von einer Workstation oder einem Personal-Computer genutzt

werden. Das Wirkprinzip hierbei ist die Aktiv-Stereoprojektion, die in Verbindung mit einer Shutter-Brille erreicht wird. Der Nutzer trägt hierbei die Shutter-Brille, deren Synchronisation mit dem Monitor über einen Emitter übertragen wird. Als Nachteil des Stereomonitors muß der Anwender eine unvollständige Immersion in Kauf nehmen, die durch den stark eingeschränkten Blickwinkel entsteht.

GROßPROJEKTION

Eine der am häufigsten gewählten Ausgabemedien für Virtual Reality ist die Projektion der Visualisierungsdaten auf große Projektionsflächen. Klassisches Beispiel hierfür ist die von Carolina Cruz-Neira am Electronic Visualization Lab der Universität von Illinois in Chicago entwickelte und 1993 vorgestellte CAVE.

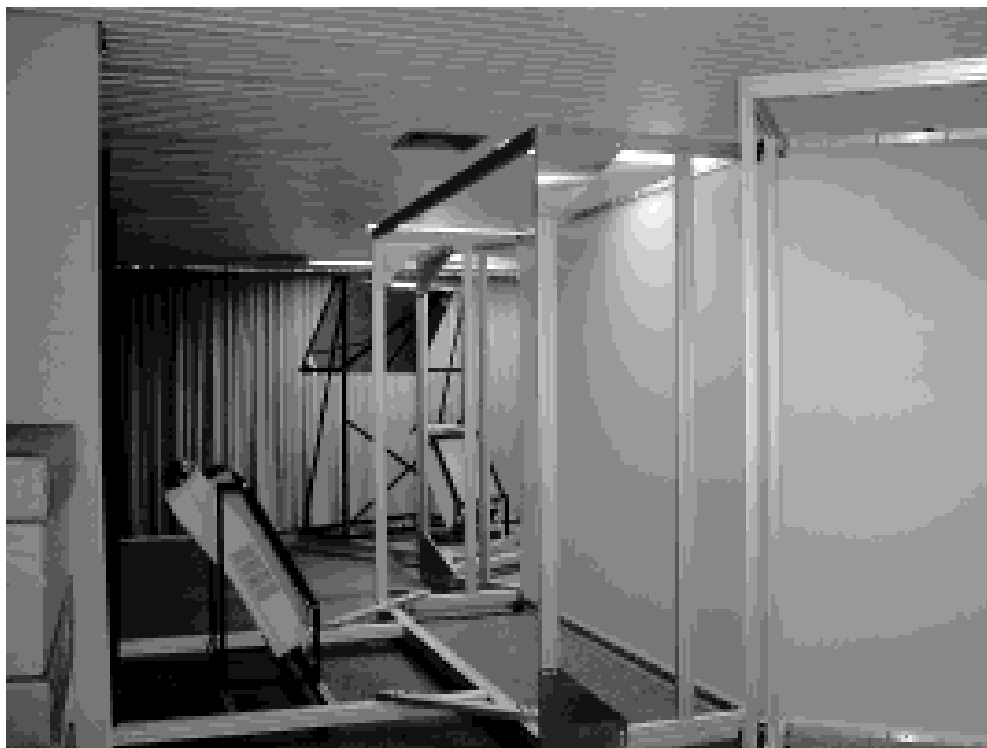


Bild 5: Großprojektion am IMAB

HEAD MOUNTED DISPLAY

Das Head Mounted Display besteht praktisch aus zwei Miniaturmonitoren, die für jedes Auge ein einzelnes Bild erzeugen und die an einer helmförmigen Haltevorrichtung befestigt sind, die der Anwender auf den Kopf setzt. Die Monitore (Displays) sind dabei so angeordnet, daß das Auge des Betrachters problemlos auf das Bild fokussieren kann und daß mit einem meist ausreichenden Blickwinkel das Gesichtsfeld fast vollständig überstrichen wird. Das am IMAB verwendete Gerät stellt eine Auflösung von 1024 x 768 Pixel je Auge zur Verfügung. Die Abkapselung von Fremdlicht kann stufenlos eingestellt werden, so daß eine Interaktion mit realen Gegenständen – falls erforderlich – möglich bleibt.

Nach den bisherigen Erfahrungen kann festgestellt werden, daß der Immersionseffekt von allen Ausgabemedien am perfektsten ist, ein dauerhaftes Arbeiten mit dem Head Mounted Display aber problematisch sein kann, da der Nutzer durch Form und Gewicht des HMD in seiner Bewegungsfreiheit eingeschränkt ist.

Inzwischen gibt es weltweit eine Reihe erfahrener Anbieter, die sich mit Entwurf, Aufbau und Inbetriebnahme von Großbildprojektionen befassen.

Die Einrichtungen reichen von einfachen ebenen Großbildprojektionen (Bsp. Powerwall®) über gekrümmte Projektionsflächen mit einem Bildwinkel von bis zu 180° und zwei- oder dreiseitige Systeme (C2/C3) bis hin zu vollständig abgeschlossenen Projektionsräumen mit sechs Flächen (C6) [POS99]. Eine Neuentwicklung sind modifizierbare Systeme, bei denen der Anwender durch Umbau der Projektionsflächen zwischen der ebenen und der räumlichen Form wählen kann. Ein solches System ist als Eigenkonstruktion am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit der TU Clausthal entwickelt und in Betrieb genommen worden (**Bild 5**).

Die Ansteuerung der Großprojektion erfolgt über vernetzte PC. Die Datenhaltung findet auf einem Arbeitsgruppenserver statt, die Projektoren werden über je einen eigenen Rechner versorgt, der ausschließlich die Ansicht in der Projektionsrichtung berechnet. ►

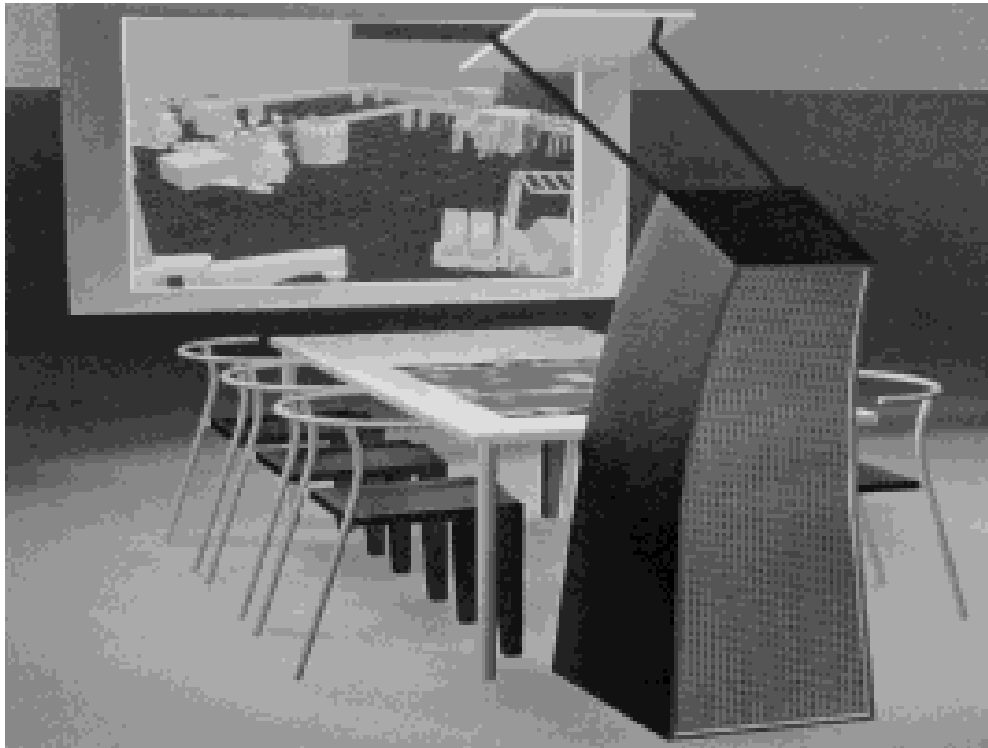


Bild 6: Der Build-It® Planungstisch

BUILD-IT®-PLANUNGSTISCH

Der Build-It Planungstisch ist eine Entwicklung der ETH Zürich und stellt ein intuitiv bedienbares Fabrikplanungssystem dar, das eine partizipative, gemeinschaftliche Fabrikplanung fördert [FJE98].

Die Beteiligten sitzen gemeinsam an einem Konferenztisch, auf dessen Oberfläche ein Grundriß der aufzubauenden oder einzurichtenden Fabrik projiziert wird. Zusätzlich wird eine benutzerdefinierte Ansicht auf eine Leinwand an der Stirnseite des Tisches projiziert. Die Planer erhalten so gleichzeitig eine räumliche Ansicht dessen, was sie flächig planen (Bild 6).

Die Interaktion mit dem digitalen Modell erfolgt mit Hilfe sogenannter „bricks“, kleiner würfelförmiger Bausteine, mit denen – ähnlich einem Grafiktablett – verschiedene Planungsobjekte platziert werden können. Durch eine spezielle Bilderkennungssoftware wird das Layout auf dem Tisch abgetastet und die Position und Orientierung der bricks erfaßt.

Das Build-It-Planungssystem stellt primär keine stereoskopischen Grafikdaten zur Verfügung. Die erstellten 3D-Modelle lassen sich jedoch auf dem Umweg über ein 3D-CAD-System in eine geeignete VR-Software einlesen, so daß die gemeinsam im Team aufgebauten Fabrikmodelle auch in der Großprojektion betrachtet werden können.

Nutzenpotentiale

Der Einsatz von modernen Werkzeugen wie Simulation und Virtual Reality bei der Planung von

Fabrik- und Logistiksystemen eröffnet dem Anwender eine Reihe von Nutzenpotentialen. Diese werden am IMAB im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten jetzt intensiv untersucht und bewertet. Aus ersten Projekten lassen sich bereits folgende Aussagen ableiten.

Durch die Bereitstellung von rechnergestützten Funktionalitäten wie z.B. Datenbanken mit Fabrikmodellen und Anlagendaten kann der Planer sehr schnell auf verschiedenste Planungsstände zurückgreifen und diese gegebenenfalls weiterentwickeln oder modifizieren. Die damit erheblich gesteigerte Planungsgeschwindigkeit kommt der Verkürzung von Produktionszyklen entgegen und ermöglicht die schnelle Anpassung von Produktionsstrukturen an neue Produkte oder Varianten.

Die realitätsnahe Visualisierung von Fabriken und Anlagen erhöht zudem die Planungssicherheit. Komplexe Systeme lassen sich räumlich perfekt darstellen, und der Planer erhält einen förmlich begreifbaren Eindruck seiner Ideen. Kollisionen von Anlagen mit Gebäudeteilen oder untereinander können im Vorfeld detektiert werden. Durch rechtzeitige geeignete Visualisierung der neuen Fertigungsstrukturen werden Fehlplanungen vermieden und optimale Abläufe sichergestellt.

Die Anzahl aufwendiger Prototypen und Modelle, die extrem teuer sind, wird reduziert, ohne daß auf anschauliche Darstellungen verzichtet werden muß.

Die Verknüpfung moderner Simulationssysteme mit Virtual Reality wird derzeit von namhaften Anbietern in Angriff genommen und ist auch am IMAB vorgesehen. Dadurch können kom-

plexe Abläufe in den exakten räumlichen Kontext gebracht werden und auf Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten hin untersucht werden.

Letztlich bietet auch die partizipative Planung, sei es mit dem Fabrikplanungstisch oder in der Großbildprojektion, die Chance, alle Beteiligten vom Planer über den Betreiber bis zum Anlagenbediener gemeinsam an der Gestaltung fortschrittlicher Fabrikstrukturen teilhaben zu lassen. Die vorgestellten Systeme erlauben einen intuitiven Umgang mit den Planungsgegenständen, ohne eine Kenntnis der Planungswerkzeuge vorauszusetzen.

LITERATUR

[BRA90]

Bracht, Uwe: *Fabrikplanung am Bildschirm; Automobil-Produktion*, Mai 1990; Verlag Moderne Industrie, Landsberg; S. 45 – 51.

[BRA99]

Bracht, Uwe; Hans Janisch: *Literaturübersicht Fabrikplanung 98*; Vincentz-Verlag, Hannover, 1999.

[FAH00/1]

Fahlbusch, Martin: *Einsatz von Simulation und Virtual Reality als Lehrunterstützung in der Fabrikplanung*; *Proceedings der Tagung „Simulation und Visualisierung 2000“ in Magdeburg am 23./24.05.2000*; Society for Computer Simulation International, Delft, Erlangen, 2000.

[FAH00/2]

Fahlbusch, Martin: *Modellierung und Simulation der Produktion von Edelsportwagen; Brücken in die Zukunft – Forschung an der TU Clausthal*; im Eigenverlag der TU Clausthal; 2000.

[FJE98]

Fjeld, Morton; Federico Jourdan; Martin Bichsel; Matthias Rauterberg: *Build-It: An intuitive simulation tool for multi-expert layout processes*; *Tagungsband 12. Symposium Simulationstechnik, Zürich, September 1998*; S. 411 – 418.

[POS99]

Post, Hilde-Josephine: *Neue Realitäten – Virtual Reality als kostbares Werkzeug*; c't 19/1999; Heise-Verlag, Hannover S. 98 – 103.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht
Dipl.-Ing. Martin W. Fahlbusch
Institut für Maschinelle Anlagentechnik
und Betriebsfestigkeit
Abt. für Anlagenprojektierung und
Materialflußlogistik
Leibnizstraße 32
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2201
Fax: 05323/72-3516