

VR-Anwendungen im Design

Dietmar Gude

Virtuelles Prototyping, Projektionssysteme, Interaktionsgeräte, CAD-Arbeitsplatz, Entwurfsbesprechung, Produkttest, Produkt-Individualisierung

1. Einleitung

In den frühen Phasen der Produktentwicklung erfolgen Weichenstellungen, die für die Qualität und die Kosten des Endprodukts von entscheidender Bedeutung sind [1]. Entwürfe sollten also möglichst frühzeitig systematischen Beurteilungen unterzogen werden. Nach dem Konzept des „Participatory Design“ sollten diese Beurteilungen zusammen mit Mitarbeitern aus nichttechnischen Bereichen, etwa aus dem Management und dem Marketing, sowie potentiellen Kunden und zukünftigen Anwendern durchgeführt werden [2]. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an die realitätsnahe Präsentation von digitalen Prototypen, denen die aktuell verfügbaren CAD-Programme nicht gerecht werden.

Entsprechend werden in der Produktentwicklung verstärkt Projektions- und Interaktionstechniken aus dem Bereich der Virtuellen Realität (VR) eingesetzt. War ein solches Virtuelles Prototyping aufgrund der damit verbundenen Aufwendungen bislang nur Grossunternehmen – insbesondere aus dem Fahr- und Flugzeugbau – vorbehalten, so wird dieser Ansatz inzwischen auch für kleine und mittlere Betriebe interessant: „PC technology of today is equivalent to the high-end graphics workstations of a couple of years ago – and this trend shows no sign of flattening off, implying that only extreme cases require a large investment“ [3, S. 1099].

Im folgenden wird eine Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten von VR-Techniken bei der Gestaltung von Produkten und Arbeitssystemen gegeben. Inhaltlich konzentriert sich die Darstellung auf das Potential zur frühzeitigen Berücksichtigung ergonomischer Gestaltungskriterien, konzeptionell folgt sie einem aufgabenorientierten Ansatz, indem für typische Anwendungsszenarien beispielhafte Systemkonfigurationen vorgestellt werden. Abschließend

werden die erforderlichen Rahmenbedingungen für den erfolgreichen Einsatz dieser Techniken in der Praxis diskutiert.

2. Anwendungsszenarien

2.1 CAD-Arbeitsplatz

Ausgangspunkt dieses Szenarios ist der klassische CAD-Arbeitsplatz, der mit einem leistungsstarken PC, CAD-Bildschirm und konventionellen Eingabegeräten (Maus, Tastatur, Grafiktablett) ausgestattet ist. Um welche Arbeitsmittel kann ein solcher Arbeitsplatz ergänzt werden, damit das aktuell bearbeitete Projekt in einer möglichst realitätsnahen Form dargestellt wird?



Abbildung 1: Menschmodellierung am Beispiel Anthropos (Quelle: IST)

Ein erster – und im Hinblick auf eine ergonomische Gestaltung wahrscheinlich der wichtigste – Schritt besteht darin, die Abstimmung des Produkts auf die Anforderungen der Nutzer zu veranschaulichen. Zwar verfügen CAD-Programme inzwischen über Möglichkeiten zur Einbindung von Menschmodellen, die z.B. mit Poser von Curious Labs erstellt wurden. Diese unterstützen aber nicht die ergonomische Analyse, so dass statt dessen auf spezialisierte Programme (z.B. IST Anthropos, Human Solutions Ramsis) zurückgegriffen werden sollte (Abbildung 1). Sie basieren auf Daten wissenschaftli-

cher Untersuchungen, etwa zur Anthropometrie und Biomechanik des Menschen, und stellen Werkzeuge zur Verfügung, mit denen z.B. die Sehbedingungen und die Erreichbarkeit von Stellteilen analysiert werden können.

Im Vergleich zur Frühzeit des Computer Aided Design, in der das Projekt in 2D und später als 3D-Drahtgittermodell wiedergegeben wurde, hat sich inzwischen die 3D-Darstellung mit Echtzeit-Rendering als Standard etabliert. Eine naheliegende Weiterentwicklung besteht darin, die räumliche Wahrnehmung durch stereoskopische Projektionstechniken zu unterstützen. Ein Beispiel hierfür ist das autostereoskopische 3D-Display von SeeReal.

Das räumliche Sehen beruht darauf, dass eine Szene von den Augen unter verschiedenen Winkeln wahrgenommen wird. Auf den Netzhäuten entstehen dadurch zwei unterschiedliche Bilder, die vom Gehirn zu einem dreidimensionalen Raumbild integriert werden. Dieses Prinzip wird nachempfunden, indem der Rechner zwei Ansichten berechnet, die mit Hilfe von speziellen Techniken dem rechten bzw. linken Auge dargeboten werden. Dadurch entsteht der Eindruck, einzelne Elemente der Szene würden vor der Projektionsfläche im Raum schweben bzw. in die Tiefe hineinreichen.

Bei dem autostereoskopischen 3D-Display wird auf dem Bildschirm spaltenweise verschränkt die Perspektive für das rechte und das linke Auge ausgegeben. Durch eine Prismenmaske, die vor dem Bildschirm angebracht ist, werden die geraden Pixelspalten in Richtung des linken Auges und die ungeraden Pixelspalten in Richtung des rechten Auges abgelenkt. In der Regel wird ein solches Display mit einem konventionellen Bildschirm kombiniert: Der konventionelle Bildschirm gibt die Oberfläche des CAD-Programms wieder, auf dem 3D-Display wird das aktuell bearbeitete Modell dargestellt.

Für die Betrachtung und Manipulation eines 3D-Modells ist jedoch eine konventionelle Maus wenig geeignet. Diese kann in zwei Achsen bewegt werden, während die Bewegung im Raum sechs Freiheitsgrade aufweist, die drei Translations- und die drei Rotationsachsen. Dieses Problem beheben spezielle Eingabegeräte, z.B. CadMan von 3Dconnexion (Abbildung 2). Das zentrale Stellteil einer solchen 3D-Maus ist der hervorstehende Block. Er wird horizontal, vertikal und in der Höhe verschoben, um Bewegungen in den drei Translationsachsen auszuführen, Rotationen erfolgen durch Kippen des Blocks um diese drei Achsen.



Abbildung 2: 3D-Maus CadMan (Quelle: 3Dconnexion)

Die Möglichkeiten zum Einsatz von Virtueller Realität am CAD-Arbeitsplatz beschränken sich nicht nur auf die Unterstützung der visuellen Wahrnehmung. Zusätzlich sind Interaktionsgeräte verfügbar, die den Tastsinn ansprechen, etwa das PHANToM von SensAble (Abbildung 3). Damit wird vom Rechner eine haptische Rückmeldung erzeugt, so dass man den Eindruck erhält, dass die Oberfläche des Modells einen Widerstand leistet, wobei auch Informationen über z.B. Flexibilität und Rauigkeit vermittelt werden.



Abbildung 3: Haptische Rückmeldung mittels PHANToM (Quelle: SensAble)

In verschiedenen Unternehmen der Automobilindustrie werden inzwischen in entsprechend ausgestatteten Laboren die haptischen Eigenschaften von Produkten unter ergonomischen Gesichtspunkten untersucht und optimiert. Solche Geräte können darüber hinaus, zusammen mit speziellen Programmen (z.B. SensAble FreeForm), als Modellierungs-Werkzeug eingesetzt werden. Dies wird u.a. von Unternehmen der Schuhindustrie für die virtuelle Produktentwicklung genutzt.

Insgesamt können CAD-Arbeitsplätze mit verschiedenen VR-Techniken angereichert werden, um das bearbeitete Projekt in einer realitätsnäheren Form wiederzugeben. Dabei ist jedoch nicht immer sichergestellt, dass die Hard- und Softwareschnittstellen der Komponenten nahtlos aufeinander abgestimmt sind. Im Projekt VIEW wurde ein Integrationsansatz verfolgt und in Form des immersiven Arbeitsplatzsystems „PI-casso“ realisiert [4].

2.2 Entwurfsbesprechung

Als zweites Szenario wird die Situation behandelt, dass gemeinsam mit Mitarbeitern aus nichttechnischen Bereichen (z.B. Management und Marketing) sowie potentiellen Kunden und Anwendern ein Design-Review durchgeführt wird. Für diese Situation sind herkömmliche Bildschirme ungeeignet, so dass auf großflächige Projektionen über Beamer zurückgegriffen wird. Auch hier besteht die Möglichkeit, durch Projektions- und Interaktionsgeräte der Virtuellen Realität einen anschaulicheren Eindruck von den Eigenschaften des zukünftigen Produkts zu vermitteln, was sich positiv auf die Gesprächsbedingungen sowie die daraus hervorgehenden Entscheidungen auswirkt.

Ein Beispiel für ein einfacheres großflächiges Projektionssystem ist der Projektionstisch Barco Baron (Abbildung 4), der mit einem leistungsstarken PC betrieben werden kann. Im Gehäuse befindet sich ein Projektor, der die vom Rechner erzeugten Ansichten von hinten auf eine spezialbeschichtete Acrylglasfläche projiziert. Der stereoskopische Eindruck wird in diesem Beispiel über Shutter-Brillen vermittelt. Bei diesen Brillen können die Gläser (transparente LCDs) getrennt voneinander kurzzeitig verdunkelt werden. Die Bilder für das linke und das rechte Auge erscheinen in schneller Folge abwechselnd auf der Projektionsfläche, wobei das LCD für das rechte Auge verdunkelt wird, wenn die Perspektive für das linke Auge gezeigt wird, und umgekehrt. Aufgrund der Trägheit des Auges wird damit ein stereoskopischer

Eindruck vermittelt. Wie im Szenario zum CAD-Arbeitsplatz lassen sich auch in dieser Umgebung verschiedene Interaktionsgeräte einsetzen, in Abbildung 4 wird zur Navigation eine 3D-Maus verwendet.



Abbildung 4: Projektionstisch Barco Baron

Darüber hinaus existieren immersivere großflächige Projektionssysteme, die jedoch eine höhere Rechnerleistung erfordern und deshalb nur mit PC-Clustern unter Linux oder speziellen Grafikrechnern von SGI oder Sun betrieben werden können. Die bislang am weitesten entwickelten Systeme sind CAVE Automatic Virtual Environments (CAVEs), siehe Abbildung 5. Hier befinden sich die Betrachter in der Virtuellen Umgebung, wobei im Idealfall alle sechs Seiten des Raums als Projektionsfläche genutzt werden.

Gerade bei komplexen Produkten erweist sich eine solche Visualisierung als sehr nützlich, entsprechend werden großflächige Projektionssysteme insbesondere im Fahr- und Flugzeugbau sowie der Bauindustrie und Fabrikplanung eingesetzt [3]. Eine naheliegende Erweiterung ist die Bereitstellung von Werkzeugen, mit denen während der Besprechung Änderungen am Modell vorgenommen und sogleich beurteilt werden können. Eine Integration von CAD in VR ist jedoch ausgesprochen anspruchsvoll und konnte bislang nicht in überzeugender Weise realisiert werden, allerdings widmet sich das Projekt ViSiCADE diesem Problem [5].

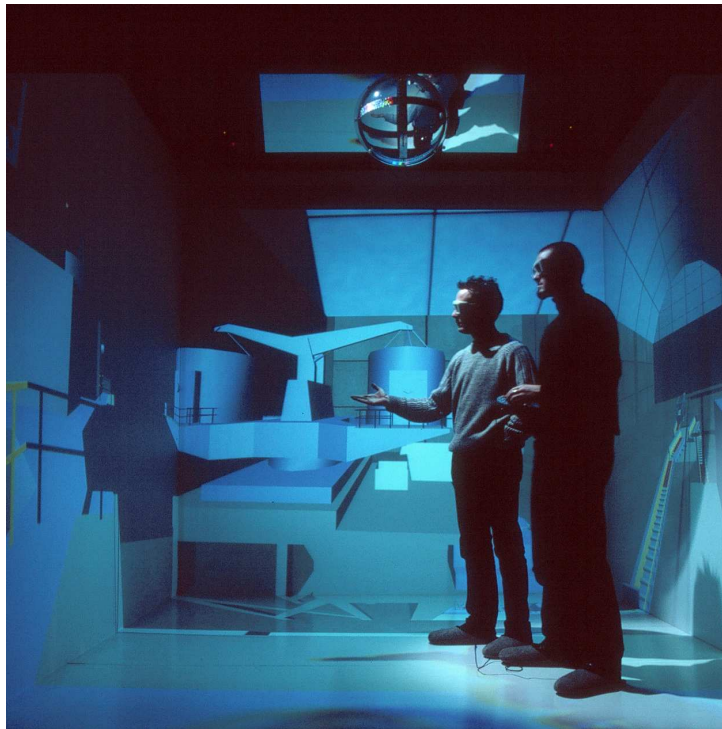


Abbildung 5: CAVE im TAN Demonstrations-Center (Quelle: RWTH Aachen)

2.3 Produkttest

Ein im Vergleich zu großflächigen Projektionssystemen noch höherer Grad der Eingebundenheit in eine Virtuelle Umgebung lässt sich mit Hilfe von Head-Mounted-Displays (HMDs) erzielen (Abbildung 6). Sie eignen sich damit insbesondere für die Durchführung von Produkttests durch einzelne Personen. An einem helm- oder brillenähnlichen Gestell sind an der Vorderseite zwei kleine Bildschirme angebracht, über die perspektivisch leicht versetzte Bilder für das linke und das rechte Auge projiziert werden, um einen stereoskopischen Eindruck von der Virtuellen Umgebung zu vermitteln.

Bei einigen HMDs lassen sich die Bildschirme transparent schalten, so dass man zusätzlich seine reale Umgebung wahrnehmen kann. Diese Technik wird als Augmented Reality (AR) bezeichnet. Sie bietet sich z.B. dann an, wenn einzelne Elemente der Testumgebung in gegenständlicher Form vorliegen und mit virtuellen Elementen kombiniert werden.

HMDs werden in der Regel zusammen mit Tracking-Systemen (z.B. Polhemus FASTRAK oder Ascension Flock of Birds) eingesetzt. Dabei wird ein Sensor an das Gerät angebracht, über den die Kopfbewegungen gemessen werden. Auf dieser Grundlage wird die Perspektive an die jeweilige Blickrichtung des Anwenders angepasst, womit die Darstellung zusätzlich an Realitätsnähe gewinnt. Auf diese Weise kann der Anwender z.B. direkt in die Situation einer Arbeitsperson hineinversetzt werden, etwa der eines Fahrzeugführers, um die Sehbedingungen aus dessen Perspektive zu beurteilen.



Abbildung 6: Head-Mounted-Display Kaiser ProView XL 50

Das Beispiel der Beurteilung eines Fahrerarbeitsplatzes legt nahe, dass auch die Möglichkeit geschaffen werden sollte, die Handhabung von Stellteilen in intuitiver Weise nachvollziehen zu können. Dies lässt sich mit einem sogenannten Datenhandschuh (Abbildung 7) realisieren. Dabei handelt es sich um einen Handschuh, der mit Sensoren bestückt ist, die die Krümmung und Spreizung der Finger registrieren. Zusätzlich ist am Handgelenk der Sensor eines Tracking-Systems montiert, der Bewegungen der gesamten Hand registriert. Auf dieser Grundlage wird vom Rechner ein virtuelles Gegenstück erzeugt, mit dem Objekte in der Virtuellen Umgebung manipuliert werden können.

Der damit vermittelte Eindruck ist allerdings insofern unvollständig, als dass die visuelle Rückmeldung über die Manipulation eines Objekts nicht von einer entsprechenden haptischen Rückmeldung begleitet wird. Bei den meisten Anwendern führt dies zu Irritationen und psychomotorischen Leistungs-

beeinträchtigen. Eine Lösung für dieses Problem besteht darin, den Datenhandschuh mit Vibrationselementen (z.B. Immersion CyberTouch) auszustatten. Ein plastischerer Eindruck lässt sich mit einem Exoskelett (z.B. Immersion CyberGrasp) erzielen, durch das beim Berühren eines Objekts entsprechende Gegenkräfte vermittelt werden.



Abbildung 7: Datenhandschuh CyberGlove mit Vibrationselementen CyberTouch (Quelle: Immersion)

Bislang ist es jedoch nicht gelungen, breiter einsetzbare Anwendungen zur realitätsnahen Simulation der Handhabung von Objekten in Virtuellen Umgebungen zu entwickeln. Statt dessen werden Datenhandschuhe primär dazu genutzt, die Navigation und Interaktion zu erleichtern, indem entsprechende Befehle mit Hilfe von Gesten übermittelt werden können.

2.4 Produkt-Individualisierung

Im letzten hier dargestellten Szenario werden Konzepte behandelt, die Kunden die Rolle von Co-Designern zuweisen. Die Grundlage bildet das Paradigma der „Mass Customization“, der industriellen Fertigung individualisierter Produkte für den Massenmarkt. Die Kunden können dabei in unterschiedlicher Form gestalterischen Einfluss auf das Produkt nehmen.

Technisch vergleichsweise einfache Lösungen sind webbasierte Anwendungen, mit denen ästhetische Merkmale (z.B. bei Nike) oder Ausstattungselemente (z.B. für den Smart) ausgewählt werden können. Das Konzept von Adidas geht über solche nach dem Baukastenprinzip strukturierten Angebote hinaus. Dabei wird das Ziel verfolgt, weitere Produkteigenschaften wie die der Passform zu individualisieren. Dazu werden in ausgewählten Kaufhäusern sogenannte Fußscanner bereitgestellt. Mit ihnen werden individuelle 3D-Modelle erzeugt, die die Grundlage für die kundenspezifische Auslegung des Produkts bilden.



Abbildung 8: Virtueller Spiegel (aus [6])

Noch einen Schritt weiter geht das Projekt Virtual Try-On [6]. Hier wird mit einem Ganzkörper-Scanner ein 3D-Modell des Kunden erzeugt, das dann seinen Wünschen entsprechend mit virtuellen Kleidungsstücken ausgestattet

wird. Ein virtueller Spiegel (Abbildung 8) erlaubt dem Kunden, sein Ebenbild mit der neuen Kleidung zu betrachten. Änderungen von Passform, Ausstattung und Farbe können innerhalb kürzester Zeit virtuell durchgespielt werden. Nach der endgültigen Auswahl wird ein aus den Kundendaten generierter Auftrag für den Maßzuschnitt an die Produktion weitergeleitet. Verfügt der Kunde bereits über ein individuelles 3D-Modell, kann er entsprechende Dienstleistungen auch über das Internet nutzen, wobei die grafische Darstellung und die Interaktionsmöglichkeiten an die Leistungsfähigkeit seines Rechners angepasst werden.

3. Diskussion

Der Bereich der Virtuellen Realität ist durch einen hohen Grad an Kreativität und Innovation gekennzeichnet, so dass an dieser Stelle nur eine kleine Auswahl von Techniken und ihrer Anwendungsmöglichkeiten dargestellt werden konnte. Im Zusammenhang mit einem Einsatz in der Praxis stellt sich allerdings die Frage, ob diese Möglichkeiten hinreichend ausgereift sind, so dass mit einem Engagement in diesem Bereich tatsächlich mehr Probleme gelöst als zusätzliche aufgeworfen werden.

Andererseits stehen die verfolgten Ziele durchaus in der Tradition des Computer Aided Designs: „The use of Virtual Environment simulation procedures with interactive visualization capabilities is a logical extension of current industrial use of 3-D CAD technology“ [7, S. 1138]. Ist also in einer Organisation der Einsatz von CAD in der Produktentwicklung etabliert, so bestehen exzellente Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einstieg in den VR-Bereich. Dies gilt insbesondere für den Einsatz von stereoskopischen Projektionssystemen. Teilweise sind sie bereits auf eine Nutzung mit CAD-Programmen hin ausgelegt, für andere lassen sich mit visuellen Entwicklungssystemen (z.B. Sense8 WorldUp) ohne Programmieraufwand VR-Anwendungen erstellen, in deren Rahmen vorhandene CAD-Darstellungen in stereoskopischer Form präsentiert werden können.

Deutlich differenzierter stellt sich allerdings der Bereich der Interaktionsgeräte dar. Zwar gibt es auch hier Geräte, die sich unmittelbar oder mit Hilfe von visuellen Entwicklungssystemen in CAD-Programme oder Virtuelle Umgebungen einbinden lassen (z.B. 3D-Maus). Häufig erfordern sie jedoch zurzeit

noch den Einsatz von Entwicklungssystemen, die Programmierkenntnisse in C/C++ und damit die Verfügbarkeit von entsprechend qualifizierten Softwareentwicklern voraussetzen (z.B. Datenhandschuh). Glücklicherweise ist im VR-Bereich die Beziehung zwischen Aufwand und Ertrag durch eine Sättigungsfunktion charakterisiert, so dass sich gerade mit elementareren Anwendungen die größten Produktivitätsfortschritte realisieren lassen – High-End-Lösungen sind nur in den seltensten Fällen erforderlich [3].

Literatur

- [1] Ehrlenspiel, K., Kiewert, A. & Lindemann, U. (2002). Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren (4. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- [2] Haines, H., Wilson, J.R., Vink, P. & Koningsveld, E.A.P. (2002). Validating a framework for participatory ergonomics. *Ergonomics*, 45(4), 309-327.
- [3] Davies R.C. (2002). Applications of system design using Virtual Environments. In Stanney, K.M. (ed.), *Handbook of Virtual Environments* (pp. 1079-1100). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- [4] Stefani, O. & Hoffmann, H. (2004). „PI-casso“: Virtual Reality am Arbeitsplatz. *wt Werkstattstechnik*, 1, 23.
- [5] Benölken, P., Bossong, U. & Graf, H. (2002). ViSiCADE - interactive Simulationen in integrierten Prozessen. *ProduktDaten Journal*, 9(2), 38-41.
- [6] Divivier, A., Trieb, R., Ebert, A., Hagen, H., Gross, C., Fuhrmann, A., Luckas, V., Encarnação, J.L., Kirchdörfer, E., Rupp, M., Vieth, S., Kimmerle, S., Keckeisen, M., Wacker, M., Strasser, W., Sattler, M., Sarlette, R. & Klein, R. (2004). Virtual Try-On. *Proceedings of the Virtual and Augmented Reality Status Conference*. <http://www.virtual-try-on.de/download/VTOBeitragVRAR2004.pdf>
- [7] Shewchuk, J.P., Chung K.H. & Williges R.C. (2002). Virtual Environments in manufacturing. In Stanney, K.M. (ed.), *Handbook of Virtual Environments* (pp. 1119-1141). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum.

Kontakt:

Dietmar Gude, gude@ifado.de
Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund
Ardeystrasse 67
44139 Dortmund