

A.1. Der Einsatz von Desktop-VR für E-Commerce-Anwendungen – Konzepte für dreidimensionale Produktpräsentationen

*Dipl.-Inform. Raimund Dachselt
Technische Universität Dresden*

Zusammenfassung

Die Präsentation von Produkten in gegenwärtigen E-Commerce Anwendungen erfolgt in der Regel durch Bilder und Texte. Dabei werden die Möglichkeiten heutiger multimedialer Technologien nicht oder nur unzureichend genutzt. Insbesondere im Hinblick auf das Medium 3D-Grafik fällt dies besonders auf, obwohl Internet-taugliche 3D-Grafikformate entwickelt werden, die es gestatten, nicht nur dreidimensionale Produktpräsentationen, sondern auch komplette Nutzerschnittstellen auf Basis interaktiver Echtzeitgrafik zu realisieren. Dabei wird die gegenwärtig stark steigende Grafikperformance von PCs bei gleichzeitig sinkenden Kosten schon in naher Zukunft eine neue Klasse von interaktiven 3D-Anwendungen möglich machen, die für eine breite Nutzerschicht zugänglich sind. Neben der Technologieentwicklung bedarf es aber auch konzeptioneller Vorarbeiten zum effektiven Einsatz dieses Mediums. In diesem Artikel werden auf Grundlage der Analyse des Standes der Technik gegenwärtiger Internet-Angebote Konzepte und Anforderungen für künftige 3D-Präsentationsumgebungen entwickelt, wobei zur Illustration ein komplett mit dreidimensionaler Echtzeitgrafik realisierter Prototyp einer Produktpräsentation vorgestellt wird.

1 Einführung

Die erfolgreiche Präsentation von Produkten spielt eine entscheidende Rolle bei kundenorientierten Electronic-Commerce-Anwendungen im Internet. Vorteile Internet-basierter Verkaufssysteme sind u.a. die Integration verschiedener Medien, die schnelle Aktualisierung von Datenbeständen und ein weltweiter Zugriff. Allerdings ist der Mehrwert gegenwärtiger Anwendungen teilweise noch gering, da diese aus Netzwerk- und Performancegründen auf multimediale bzw. dreidimensionale Präsentationsformen verzichten und sich eher als statische, konventionelle Produktkataloge darstellen. Bei Produkten wie Büchern oder CDs ist das kein Nachteil, wohl aber bei komplexeren, stark visuell geprägten, modular aufgebauten und in hohem Maße konfigurierbaren Gütern, wie Küchen, Autos, Werkzeugmaschinen etc. Da die meisten Produkte von Natur aus

durch ihre dreidimensionale Form geprägt sind, ist ihre räumliche Präsentation und die interaktive Echtzeit-Konfiguration von Produktattributen anzustreben.

Basis dafür sind 3D-Technologien, die inzwischen verstärkt für das Internet entwickelt werden, wobei Forschungsergebnisse aus den Bereichen Virtuelle Realität (VR) und interaktive Echtzeitgrafik einfließen. VRML-Next-Generation [1], Java3D [2] oder das MetaStream-Format [3] seien hier als Beispiele genannt. PCs werden zunehmend leistungsfähiger, sie dringen mit ihrer Grafik-Performance in Bereiche vor, die bisher ausschließlich High-End Workstations vorbehalten waren. Während immersive VR-Applikationen durch spezialisierte, teure Hardware ein realistisches Eintauchen in virtuelle Welten erlauben, gestatten Desktop-VR Lösungen die nicht-immersive Betrachtung von 3D-Grafik unter Nutzung von Standardhardware ohne zusätzliche I/O-Geräte. VR-Lösungen bieten durch Tracking-Systeme und Datenhelme den Vorteil einer hohen Bewegungsfreiheit und eines sehr guten Immersionsgefühls. Bei Desktop-VR Anwendungen hingegen ist dies aufgrund der immer parallel wahrgenommenen Monitorumgebung und Bindung an einen Arbeitsplatz nicht möglich. Dafür kann Standardhardware zum Einsatz kommen und der Nutzer muß keine unbequemen Geräte tragen. Außerdem bieten Monitore eine deutlich bessere Auflösungsqualität. Der PC wird zunehmend als die VR-Plattform der Zukunft betrachtet, wobei das Internet hierbei eine entscheidende Rolle spielen wird [Bullinger u.a. 98].

Es ist abzusehen, daß die dritte Dimension in E-Commerce Systemen zukünftig von großer Bedeutung sein wird, wovon z.B. die Entwicklung von VR-Shopping Malls bereits zeugt. Allerdings können diese die euphorischen Erwartungen an virtuelle Marktplätze der Zukunft jedoch bisher aufgrund konzeptioneller und technischer Probleme nicht erfüllen. Während die Navigation oft kompliziert ist, werden die Produkte selbst zumeist nicht in 3D dargestellt. Die Echtzeit-Konfiguration und endkundengerechte Anpassung von Produkten in Bezug auf Ausstattung, Farbe usw. stellt einen wesentlichen Mehrwert in einer Welt austauschbarer, flexibler Produktsortimente dar, die in ihrer Vielfalt schon gar nicht mehr komplett in Verkaufsräumen gezeigt werden können (Bsp. Autohandel). Dabei hat der Einsatz von interaktiven, dreidimensionalen Schnittstellenelementen in Desktop-VR-Anwendungen das Potential, für eine breite Anwenderschicht nutzerfreundliche und ergonomische Applikationen zu erschließen.

Es geht in diesem Artikel um die Nutzung der dritten Dimension in der Phase vor dem eigentlichen Einkauf (*prepurchase interaction*), wo Produkte präsentiert, vom Nutzer ausgewählt und miteinander verglichen werden. Im nächsten Kapitel soll zunächst eine Analyse von gegenwärtigen Produktpräsentationssystemen im Bezug auf das Medium 3D-Grafik vorgenommen und die spezifischen Vorteile dieses Mediums heraus-

gearbeitet werden. Das dritte Kapitel ist der Vorstellung einer prototypischen dreidimensionalen Produktpräsentation gewidmet, um erste Erfahrungen auf diesem Gebiet zu veranschaulichen. Es schließt sich auf Grundlage der Analyse des bisherigen Standes der Technik und den Erfahrungen mit der Beispielapplikation das Kapitel 4 an, in dem Anforderungen an künftige dreidimensionale Produktpräsentationssysteme detailliert betrachtet werden.

2 Analyse gegenwärtiger Produktpräsentationssysteme

In diesem Kapitel soll der Stand der Technik bei gegenwärtigen Internet-basierten Produktpräsentationssystemen kritisch betrachtet und der Vorteil des Mediums dreidimensionale Grafik für E-Commerce-Anwendungen herausgearbeitet werden. Dabei liegt der Fokus nur auf dem Aspekt der Präsentationsform und nicht auf Bestellabwicklung, der Anbindung an Warenwirtschaftssysteme oder ähnlichem.

2.1 Entwicklung von Elektronischen Produktkatalogen

Traditionelle Warenpräsentationssysteme in Läden, Kaufhäusern und auf Messen zeigen Produkte so, daß neben der Praktikabilität auch Verführung und das emotionale Moment eine wesentliche Rolle spielen [Page99]. Jahrzehntelange Erfahrungen in diesem Bereich, die unmittelbare physische und haptische Präsenz der Produkte und das – insbesondere in Spezialläden und auf Messen geschaffene – Ambiente sind die entscheidenden Vorteile alltäglicher Produktpräsentationen. Deren Nachteil ist zweifelsohne die Ortsgebundenheit, mangelnde Flexibilität und zunehmend auch beschränkter Ausstellungsraum. Es ist nicht mehr möglich, die gesamte Produktpalette in allen Varianten (Farben, Ausstattung, Accessoires etc.) zu präsentieren, man denke dabei z.B. an Autohäuser.

Dem Bedürfnis nach bequemem Einkaufen kommen Versandhäuser entgegen, die in ihren Produktkatalogen Waren in Form eines oder mehrerer Bilder und zusätzlicher Textinformationen präsentieren. Hier wird der Nachteil einer ungenügenden Produktvisualisierung und fehlenden Stofflichkeit durch den Vorteil des bequemen Bestellens von zu Hause und durch komfortablen Lieferservice ausgeglichen.

CD-ROM basierte und Online-Kataloge erweitern diesen Ansatz um Navigations- und Recherchemöglichkeiten, um die Integration weiterer Medien wie Sound und Video und nicht zuletzt um bequemere Bestellmöglichkeiten. Die potentiell unbegrenzte Zahl von Produkten und Produktvarianten und die Aktualisierungsmöglichkeiten bei Online-Katalogen sind weitere wichtige Vorteile im Vergleich zu Printkatalogen und realen Läden. Dabei sind elektronische Produktkataloge (EPK) nicht nur zur Selbstinformation

eines Kunden, sondern auch für Vertreter und zur Unterstützung von Beratungsgesprächen auf Messen und in traditionellen Läden geeignet. Betrachtet man die ersten EPK bekannter Versandhäuser, so läßt sich deutlich eine 1:1-Übertragung aus dem Printmedium beobachten. Während die etablierteren Produktkataloge im Netz inzwischen sehr gute Navigations- und Recherchemöglichkeiten anbieten, findet man noch eine große Zahl von Anbietern, die lediglich gescannte Katalogseiten im Netz präsentieren. Der Aspekt der Medienintegration ist in fast allen Fällen nur unzureichend gelöst, da Bilder und Text (mit Ausnahme von Sound bei CD-Anbietern) nach wie vor die einzigen verwendeten Medien darstellen. Dabei lassen sich auf Seiten der Kunden eine Reihe von Anforderungen beobachten:

1. Wunsch nach zusätzlichen Produktinformationen, z.B. zu Materialeigenschaften, zur Produkthanwendung oder zum Herstellungsprozeß
2. Bedürfnis nach mehreren Ansichten oder einer Rundumansicht eines Produktes, insbesondere bei designrelevanten Gegenständen oder bei komplexeren Geräten
3. Bedürfnis nach genauer Betrachtung insbesondere komplexer Produkte im Detail
4. Wunsch nach Ansicht von mehreren Produktvarianten oder –konfigurationen (Farben, Materialien, Zusatzelemente), da Produktdiversität und maßgeschneiderte Lösungen in der Warenwelt zunehmen. Hierdurch steigt das Bedürfnis nach besserer Anschaulichkeit der betrachteten Produkte und zusätzlichen Informationen noch.
5. Wunsch, Produkte auch auszuprobieren, ihre Funktionalität nachzuvollziehen

Dem ersten Wunsch werden EPK bisher vor allem in textueller oder Bildform gerecht, Videos sind nur selten zu finden. Das zweite Bedürfnis wird oft durch mehrere Abbildungen eines Produktes in verschiedenen Ansichten befriedigt, inzwischen auch durch Rundumansichten oder Panoramabilder in Pseudo-VR-Technik. Das sind im einfachsten Fall animierte GIF-Bilder (wie beim Otto-Versand [4]), häufig aber auch speicherintensive interaktive Panoramabilder auf Basis von QuicktimeVR oder ähnlichen Technologien (z.B. bei „Fly around“ auf den Ferrari-Webseiten [5]). Auch die am ZGDV in Darmstadt entwickelten kundenspezifisch individualisierten virtuellen Supermärkte erzeugen mit Hilfe zahlreicher Bilder die Anmutung von dreidimensional zu betrachtenden Produkten [Bauer97b]. Das dritte Bedürfnis nach Detailansichten wird häufig in klassischer Weise durch zusätzliche Detailfotos gelöst. Während die bildbasierten Pseudo-VR-Verfahren schon ein allerdings sehr begrenztes Zoomen erlauben, gestatten seit einiger Zeit Zoombildtechnologien eine qualitativ hochwertige Detailbetrachtung. Der vierten Forderung nach Konfigurationsmöglichkeiten oder Variantenansicht kommen z.Z. auch nur wenige EPK nach. Produktkonfigurations-

systeme sind meist aufwendige Eigenentwicklungen von Firmen, typischerweise aus der Automobilbranche. Auf den Webseiten zahlreicher Autohersteller lassen sich mit Java Applets mehr oder weniger komfortabel Farben und Ausstattungsmerkmale der Wagen ändern, worauf neue Produktfotos oder Teile davon angezeigt werden, z.B. beim MB-Colorator [6], MB-Konfigurator [7] oder bei „Paint your own Ferrari“ [5] (siehe Abb. 1). Das fünfte Bedürfnis nach explorativer Manipulation eines Produktes wurde bisher in kaum einem System realisiert.

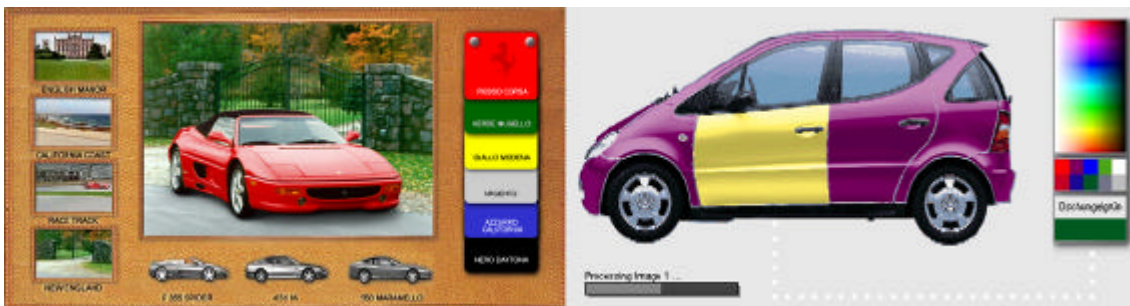


Abb. 1: Paint your own Ferrari und Mercedes Benz Colorator

Alle hier genannten aktuellen Verfahren sind bildbasiert und haben damit das Problem der Neuerstellung von Fotos aufgrund sich ständig verändernder, flexibler und häufig aktualisierter Produktpaletten. Dies stellt einen enormen Arbeitsaufwand dar, der bei der sich deutlich abzeichnenden Entwicklung in Richtung mehrerer Ansichtsbilder und räumlicher Darstellung in Form von bildbasierten Pseudo-VR-Lösungen noch höher ist. Zu bedenken ist auch die komplizierte Erstellung von Fotos mikroskopisch kleiner oder sehr großer Objekte sowie bei anderen schwierigen Aufnahmesituationen. Alle erzeugten Bilder haben außerdem eine fixierte Größe und können nur unter Qualitätsverlust skaliert werden.

2.2 Der Einsatz von 3D-Grafik in existierenden Lösungen

Der Einsatz interaktiver 3D-Grafik im E-Commerce Bereich löst diese Bildproblematik und ist potentiell in der Lage, alle oben genannten Anforderungen zu erfüllen. Bevor im Abschnitt 2.3 auf die Vorteile des Mediums 3D-Grafik in diesem Zusammenhang eingegangen wird, seien hier die aktuellen Entwicklungen auf diesem Gebiet skizziert. Obwohl VRML als 3D-Format für das Internet seit 1997 Standard ist, gibt es nur einige Beispiele für seine Nutzung bei Produktpräsentationen. Die „Virtual Design Exhibition“ [8] ist eines der wenigen Beispiele für die gelungene Anwendung. In diesem am Fraunhofer IAO entwickelten 3D E-Commerce System können Designmöbel online betrachtet und teilweise konfiguriert werden [Dauner u.a. 98a].

Erst seit der Einführung des MetaStream-Formates scheint die kommerzielle Nutzung von 3D-Grafik im E-Commerce-Bereich zu beginnen. Gründe dafür sind geringe Dateigrößen, die Streaming-Eigenschaften des Formates und eine einfachere Handhabung im Vergleich zu VRML. Eines der ersten überzeugenden Beispiele sind die Webseiten des Style-Click Versandes [9].



Abb. 2: Hochwertige 3D-Darstellung mit MetaStream (StyleClick-Webseiten)

Während – wie in Abb. 2 zu sehen ist – bei diesen Beispielen 3D-Ansichten in traditionelle zweidimensionale Webseiten eingebunden sind, finden wir bei VR-Shopping Malls eher einen umgekehrten Ansatz, die Navigation durch virtuelle, meist der Realität nachempfundene Einkaufszentren, bei denen die eigentlichen Produkte dann wieder in zweidimensionaler Form gezeigt werden. Durch die Imitation realer Architekturen von Einkaufszentren und fehlende Navigationsunterstützung ergeben sich insbesondere bei nicht-immersiver Betrachtung Navigationsprobleme [Dauner u.a. 98a]. Der Sinn solcher dreidimensionaler Malls wird fraglich, wenn die eigentlichen Ladentüren letztlich auf normale HTML-Seiten verweisen, auf denen Produkte nur in Bildform gelistet sind. Beispiele dafür sind die Active Worlds @mart [10] (siehe Abb. 3) und VR@TOWER [11].



Abb. 3: Optiker-Laden von außen und innen mit eingeblendeter Webseite (@mart)

Folgende Defizite dieser VR-Shopping Malls lassen sich gegenwärtig identifizieren:

- *Schlechte Navigationsunterstützung:* Die Navigation ist aufgrund fehlender Metaphern und unterstützender Interface-Elemente schwierig und unbefriedigend, *fly-* oder *walk-*Metaphern der VR-Browser reichen allein nicht aus.
- *Ungenügende Darstellungsqualität:* Der Versuch, Realität zu imitieren, produziert gesteigerte Erwartungshaltungen, die weder in ästhetischer noch in technischer Sicht (Detailgrad, Texturen, Geschwindigkeit) erfüllt werden.
- *Plug-ins:* Plug-ins stellen eine große Hemmschwelle dar, zumal trotz des VRML-Standards eine Reihe proprietärer Formate und Browser existieren. Außerdem schrecken die durch niedrige Bandbreiten und unzureichende Grafik-Performance entstehenden starken Verzögerungen viele potentielle Kunden ab, zumal sie dafür auch Gebühren zahlen müssen.
- *Fehlende 3D-Produktbetrachtungs- und Konfigurationsmöglichkeiten:* Eine enttäuschende Mischung aus 2D- und 3D Elementen und fehlende Möglichkeit der 3D Produktbetrachtung und Konfiguration. Beim Anklicken bestimmter Objekte (meist texturierter Quader) öffnen sich nur normale Webseiten.

- *Kaum Corporate Design*: Eine Kommunikation der Corporate Identity einer Firma und von Produktidentitäten findet in der Regel nicht statt, womit wichtiges Potential zur Kundenbindung und Markenbildung verschenkt wird.

Aus diesen Gründen generieren solche virtuellen Einkaufszentren meistens keine Verkäufe und werden von vielen Nutzern eher als „Spielzeug“ betrachtet. Auch die ersten Mehrbenutzerumgebungen wie @mart, VR@TOWER oder der VR-Shop des Fraunhofer IAO [12] weisen die oben genannten Probleme auf, auch wenn sie mit integrierten Chat-Möglichkeiten interessante neue Aspekte erschließen.

2.3 Mehrwert von 3D-Grafik im Bereich E-Commerce

Der Mehrwert dreidimensionaler Grafik ist sowohl für Produktpräsentationen und –konfigurationen als auch allgemein für die Gestaltung nutzerzentrierter, intuitiver Schnittstellen im Bereich E-Commerce zu sehen. Folgende Vorteile sind zu benennen, wobei die weiter oben skizzierten Kundenbedürfnisse und Probleme adressiert werden:

- Bei einer Vielzahl von Handelsgütern spielt die dreidimensionale Gestalt von Natur aus eine wesentliche Rolle [Bauer97a], im Gegensatz zu z.B. Büchern oder CDs.
- Der Umgang mit der dritten Dimension entspricht unseren natürlichen Erfahrungen mit Handlungs- und Erlebnisräumen und entlastet uns von den Abstraktionen zweidimensionaler Metaphern, womit auch ihre Eignung für die Gestaltung von Schnittstellen naheliegt.
- 3D-Objekte lassen sich völlig frei rundum betrachten, beliebig skalieren und im Detail betrachten. Dadurch sind auch sehr große oder sehr kleine Gegenstände visualisierbar.
- Das rechnerinterne 3D-Modell gestattet freie Echtzeitänderung von Parametern wie Farbe, Größe, Textur u.a. Dadurch ist die endkundengerechte Konfiguration des Produktes (z.B. Ansicht von Varianten) und seine virtuelle Manipulation möglich. Produkte können außerdem in einem dynamisch änderbaren Umgebungskontext gezeigt werden (Kontext, Handhabung, Emotion).
- Das 3D-Modell insbesondere technischer Produkte kann künftig aus dem Bereich Konstruktion (CAD/CAM) direkt übernommen werden.
- 3D-Modelle sind bedeutend speicherplatzsparender als z.B. Quicktime-VR Objekte oder Bildserien.
- Statt Realvideos aufwendig unter schwierigen Bedingungen zu produzieren, können 3D-Modelle für die Erstellung von 3D-Animationen oder gar Echtzeit-Animationen eingesetzt werden.

-
- Die Visualisierungsmöglichkeiten sind vielfältiger und unkomplizierter als mit anderen Medien (Beispiel Transparenzsichtung von Gehäuseteilen).
 - Die Integration beliebiger Medien in den 3D-Raum ist möglich und sinnvoll, um Zusatzinformationen darzustellen, Produkteigenschaften hervorzuheben oder emotionale Stimmung zu generieren.
 - Die interaktive Änderung des virtuellen Kamerastandpunktes erlaubt eine bessere, vergleichende Wahrnehmung von Größen- und Tiefenverhältnissen als auf statischen Bildern.
 - Durch die 3D-Darstellung und Konfiguration von Produkten entstehen beim Kunden zusätzliche Fragen, auf die ein Verkäufer in einem verteilten System eingehen kann. Fehler können so vermieden, die Entscheidungsfindung erleichtert und Kundenzufriedenheit gesteigert werden. [Geist u.a. 98]

Natürlich sind auch Nachteile zu erwähnen. Da gegenwärtig eine automatische Übernahme von Konstruktionsdaten in Präsentationssysteme noch wenig realistisch ist, muß mit einem hohen Erstellungsaufwand für 3D-Modelle gerechnet werden. Dies gilt auch für die Anfertigung von Texturen. Künftig werden hier jedoch Materialdatenbanken oder Textildesignprogramme neue Möglichkeiten eröffnen. Ein weiteres Problem stellen die benötigten Plug-ins dar. So lange im Netz noch kein universeller und plattformunabhängiger Standard für interaktive Echtzeitgrafik etabliert ist, werden Zusatzprogramme und spezielle 3D-Browser nötig sein.

Eine Studie untersuchte das Kaufverhalten bei unterschiedlich gestalteten Online-Angeboten [Schneider96]. Dabei war das Einkaufen in einer VR-Welt mit Abstand die interessanteste Form für die befragten Testpersonen. Produkte, die in einer hohen 3D-Qualität präsentiert wurden, sind dabei deutlich öfter als ausschließlich in traditioneller Form präsentierte gekauft worden.

3 Vorstellung eines Prototypen

Die bisher existierenden Produktpräsentationssysteme machen nur von einem Teil der im letzten Abschnitt aufgeführten Vorteile von 3D-Grafik Gebrauch. Insbesondere bei der Nutzung von interaktiver Echtzeitgrafik für intuitive Nutzerschnittstellen wurden bisher kaum Lösungen vorgestellt. So ist dieser Abschnitt der Vorstellung eines Produktpräsentationssystems gewidmet, bei dem durch konsequenten Einsatz von 3D-Grafik deren Vorzüge demonstriert und die im vierten Kapitel aufgestellten Anforderungen illustriert werden sollen.

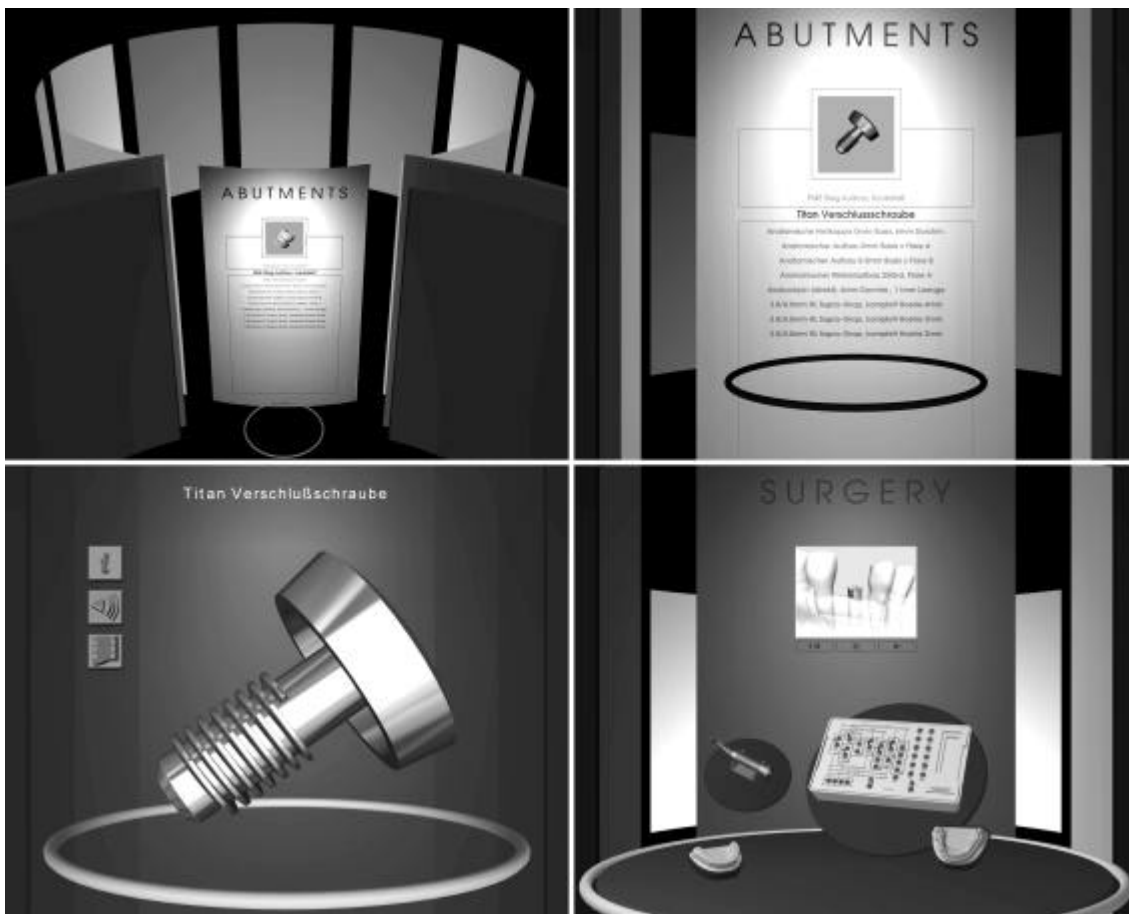


Abb. 4: Implantorium: Materiallager, Produktstele, Showroom u. Operationsraum

Das System „Implantorium“, in interdisziplinärer Teamarbeit an der Hochschule für Kunst und Design Halle entwickelt, ist ein dreidimensionales virtuelles Laboratorium, in dem Produkte aus dem Bereich Dentalimplantologie nicht nur betrachtet, sondern auch virtuell in ihrem Handhabungskontext bedient werden können [Kolbe u.a. 98]. Abb. 4 oben links zeigt die zwei einander gegenüber stehenden virtuellen Drehbühnen, die als intuitive Applikationsmetapher gewählt wurden. Der Nutzerblickpunkt befindet sich dabei innerhalb der vorderen Drehbühne, die zwischen den Zuständen *Produktpräsentation* und *Virtuelle Operation* gedreht werden kann und durch Öffnungen den Blick auf die hintere Drehbühne freigibt. Diese fungiert als virtuelles Materialdepot und enthält Stelen, auf denen Produkte in typischen Kategorien wie Bohrer, OP-Werkzeuge etc. gelistet sind. Nach Wahl der gewünschten Kategorie wird die Bühne automatisch gedreht, bis die entsprechende Stele zu sehen ist. Produkte können auf den Säulen zunächst als Bild betrachtet und ausgewählt werden, um dann in einem *Showroom* dreidimensional examiniert werden zu können (Abb. 4 unten links). Dabei schließen sich Lamellentüren hinter dem Produkt, zu dem im *Showroom* auch zusätzliche Produktinformationen abrufbar sind. Die Gegenstände sind teilweise sehr klein (winzige

Schrauben, Implantataufbauten etc.), erst durch Zoomen sind wichtige, qualitativ hochwertige Details erkennbar. Im virtuellen Operationsraum lassen sich Videos zu Phasen der Operation ansehen, Operationswerkzeuge je nach OP-Aufgabe auf einem Operationstisch anordnen und schließlich auch bedienen (Abb. 4 u. rechts). Die virtuelle Bedienung der Operationsinstrumente in ihrem Anwendungskontext erlaubt beispielsweise schnellere Lernerfolge oder die gezielte Kommunikation von Produktvorteilen durch einen Firmenvertreter.

Der Prototyp ist zwar als Einzelplatzlösung für Schulungen und Messepräsentationen entwickelt worden, demonstriert jedoch allgemeine Prinzipien durch konsequenten Einsatz von 3D-Grafik für die Nutzerschnittstelle und Produktvisualisierung. Das System wurde auf SGI Workstations mit dem Open Inventor Toolkit und C++ objektorientiert entwickelt und läuft inzwischen auch auf Windows NT-Systemen. Zum Zeitpunkt der Entwicklung gab es Java3D und andere 3D-Web-Formate wie MetaStream noch nicht, so daß die Wahl auf das für 3D-Interaktionsprogrammierung geeignete Inventor-Toolkit fiel.

Sowohl die Interface-Elemente als auch die Anwendungsobjekte (Produkte) wurden als Objekte erster Klasse mit Hilfe der *nodekit*-Technologie durch Subklassenbildung implementiert. Mit dieser Technik können Sub-Szenengraphen zu semantisch sinnvollen Einheiten zusammengefaßt werden, für die sich sehr einfach Geometrie- oder Darstellungseigenschaften ändern lassen. Die implementierten Nodekit-Klassen und das Inventor-Datenformat (Basis für VRML) ermöglichten die persistente Speicherung von aktuellen Objektinstanzen in separaten Dateien. Dies betrifft nicht nur die 3D-Geometrie eines Objektes, sondern auch assoziierte typische Produktinformationen, wie Preise, Beschreibung, Sound- oder Videoreferenzen. Da zur Programminitialisierungszeit diese Dateien eingelesen werden, können neue Produkte oder veränderte Interface-Elemente flexibel berücksichtigt werden.

Bisher wurden keine formalen Evaluationen der Nutzungsschnittstelle des Prototypen durchgeführt. Erfahrungen mit Nutzern zeigten jedoch die Akzeptanz und leichte Benutzbarkeit eines solchen Systems. Im realisierten Prototypen stand die Produktpräsentation und Interaktion mit Produkten im Vordergrund. Internetanbindung, Verkaufsunterstützung sowie Recherche- und Bestellmöglichkeiten sind deshalb noch nicht integriert worden.

4 Konzepte und Anforderungen für künftige 3D-Präsentationssysteme

Die Analyse existierender Produktkatalog-Lösungen und die Implementierung des Desktop-VR Prototypen zeigen, daß künftige 3D-Präsentationssysteme eine Reihe von Anforderungen erfüllen müssen, die im folgenden näher erläutert werden. Diese Aussagen beziehen sich auf Internet-basierte Desktop-VR Lösungen, wobei die Nutzer-schnittstelle als wesentlicher Faktor für erfolgreiche, kundenorientierte E-Commerce Anwendungen im Vordergrund steht. Einige Forderungen lassen sich mit gegenwärtiger 3D-Technologie bereits realisieren, während die übrigen konzeptioneller Natur sind.

4.1 Konsequente Nutzung von Produktdaten in verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette

Insbesondere die Hersteller komplexer technischer Güter, wie Flugzeug-, Automobil- oder Maschinenbauunternehmen setzen zunehmend auf digitale Technologien im Produktentwicklungszyklus. Ausgereifte CAD/CAM-Lösungen und Simulationssysteme werden im Bereich Forschung und Entwicklung eingesetzt. Die dabei verwendeten dreidimensionalen Konstruktionsdaten sollten auch in den letzten Phasen der Wertschöpfungskette für Marketing und Verkauf genutzt werden. So wurden z.B. im beschriebenen Prototyp Konstruktionsdaten aus Pro/ENGINEER in das Open Inventor-Format konvertiert. Da jedoch bisher eine getrennte Entwicklung von CAD- und Echtzeitgrafik-Software stattgefunden hat, sind automatische Konvertierungen, möglichst noch in verschiedenen Detaillierungsstufen, noch nicht Stand der Technik. Bisher ist ein erheblicher manueller Aufwand nötig, um Daten für die Echtzeitbetrachtung aufzubereiten. Zu wünschen ist eine unproblematische Mehrfachnutzung von Konstruktionsdaten, um Aktualisierungen von Produktdaten auch schneller in Verkaufssysteme integrieren zu können. Hier ist die Vision, auf echte Produktfotos künftig völlig zu verzichten und hochwertige 3D-Modelle als Basismaterial für Animationen, Bilder und letztlich die 3D-Präsentation der jeweils neuesten Produktmodelle zu nutzen. Weiterhin könnte man sich einen Datenaustausch auch in der Form vorstellen, daß Fotos und andere Medien aus dem Bereich der Werbung nahtlos in EPK übernommen werden. So ließen sich mit diesem Material in Form von Ambiente-Bildern, Videos oder Sounds auch gezielt Emotionen in EPK generieren.

4.2 Produkte und Interface in 3D

Während in der „Virtual Design Exhibition“ zweidimensionale Interfaceelemente (in HTML realisiert) und 3D-Ansichten von Produkten (VRML) gemischt werden [Dauner u.a. 98a], schlagen wir eine enge Kopplung von Schnittstellenelementen und

dargestellten Gegenständen in einem gemeinsamen 3D-Raum vor. In der Mall der Blaxxun-Welt Cybertown [13] ist dieser Ansatz erstmalig realisiert, wenn auch auf einem niedrigen Darstellungs- und Interaktionsniveau. Der Nachteil der fehlenden Immersion, den man bei Desktop-VR Anwendungen immer hat, kann durch eine enge Integration deutlich reduziert werden. Es ist eine natürliche Konsequenz, bei von Natur aus dreidimensionalen Daten die Schnittstellenelemente zu ihrer direkten Manipulation ebenfalls in die dritte Dimension zu übertragen und somit eine homogene Umgebung, intuitivere Manipulation und unmittelbare Feedbacks zu erlauben. Dabei lassen sich Erkenntnisse aus dem Gebrauch von realen Werkzeugen auch in den virtuellen 3D-Raum übertragen, wobei Erfahrungen aus dem Gebiet des Industriedesigns einfließen. In [Dachselt99] ist beschrieben, wie solche flexiblen 3D-Widgets in interdisziplinärer Zusammenarbeit entwickelt werden können, um benutzerzentrierte und leicht zu bedienende 3D-Schnittstellen zu kreieren. Nicht nur die Manipulation und Konfiguration von Produkten wird dadurch vereinfacht, sondern auch die Navigation durch die Nachbildung natürlicher Erfahrungsräume. Während Suchfunktionen für einen schnellen Zugriff auf konkrete Produkte natürlich vorhanden sein müssen, sind dreidimensionale Räume für ein eher assoziatives und inspirierendes Suchen geeignet. So ist es viel leichter, einen Gegenstand in einem unbekanntem Raum zu finden, als einen bestimmten Menüeintrag in einem Textverarbeitungsprogramm.

Produkte können thematisch gruppiert sein und damit auch neue Bedürfnisse wecken. Typisch für Shopping-Angebote im Netz sind auch Produktkategorien für den hierarchischen Zugriff auf das gesamte Produktsortiment. Hier bietet sich die dritte Dimension ebenfalls als strukturierendes Medium an, wobei auf Forschungsergebnisse aus dem Bereich der dreidimensionalen Hierarchievisualisierung zurückgegriffen werden kann (siehe z.B. [Card u.a. 99]). Die Metapher der auf einer Drehbühne angeordneten Produktstelen ist ein Beispiel für eine interaktive Kategorienvisualisierung.

4.3 Verwendung von Metaphern

Geeignete Metaphern müssen im 3D-Raum für die Navigation und für Schnittstellenelemente zur Interaktion und Manipulation von Produkten, den sogenannten dreidimensionalen Widgets [Conner u.a. 92], gefunden werden. Metaphern erlauben insbesondere unerfahrenen Nutzern den Aufbau eines mentalen Modells, mit dem sich Interaktionen intuitiver und sicherer durchführen lassen. Metaphern für Interface-Elemente lassen sich nicht einfach aus dem Zweidimensionalen übernehmen, weil damit die Möglichkeiten des dreidimensionalen Raumes ungenutzt bleiben und sie andererseits oft kaum dafür geeignet sind. Dreidimensionale Menüs, die mit schlecht lesbarer Schrift schräg im Raum schweben, sind ein Beispiel dafür. Vielmehr sollten Werkzeuge oder Produkte,

die dort textuell aufgelistet sind, in ikonischer 3D-Repräsentation auszuwählen sein. Wie bei Werkzeugen aus dem Alltag müssen Metapher-basierte 3D-Widgets ihre Funktionalität durch ihre Form und Erscheinung kommunizieren, um visuelle Hinweise zu ihrer Benutzung zu geben. Dieser Ansatz, der sinnvollerweise in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit (Industrie-)Designern verfolgt werden sollte, wird näher in [Dachselt99] beschrieben. Metaphern sind aber nicht nur für konkrete Werkzeuge oder Interaktionsfolgen von Bedeutung, sondern natürlich auch für den gesamten Anwendungsraum und die Navigation. Realistische Einkaufszentren sind zwar jedem bekannt, aufgrund der weiter oben beschriebenen Probleme aber im Hinblick auf effektive Navigation als Metapher wenig geeignet. So wird in dem bei [Bauer97a] beschriebenen Virtuellen Supermarkt jedes Produkt in mehrfacher Ausführung in Regalen präsentiert, wobei dieser Realismus kaum Nutzen erbringen dürfte. Eine abstraktere Form der Präsentation wie auf den Produktstelen des Prototyps scheint geeigneter zu sein. Auch in [Dauner u.a. 98a] findet man den Hinweis, daß bewußt abstrakter konzipierte 3D Anwendungen eine neue „digitale Ästhetik“ hervorbringen können. Natürlich ist es nicht möglich, mit Hilfe einer Drehbühne sämtliche Produkte eines Versandhauses zu präsentieren. Denkbar wäre aber z.B. ein ganzer Turm von Drehbühnen, die jeweils einen Laden repräsentieren und ein eigenes Erscheinungsbild aufweisen. Ein virtueller Fahrstuhl könnte den Kunden dann leicht von Etage zu Etage bringen.

4.4 Vereinfachte Navigation durch das Handlungsraumkonzept

In virtuellen Umgebungen, insbesondere im Desktop-VR Bereich, sind intuitivere Navigationsformen gefragt. Der Versuch, dabei Realität zu imitieren, ist nicht gleichbedeutend mit besserer Benutzbarkeit, wie bisherige VR-Shopping Malls zeigen. Statt einer freien und mit Maus oder Tastatur nur schwer durchführbaren Navigation durch komplexe Einkaufszentren propagieren wir einen Ansatz, bei dem der Nutzer zu vordefinierten Plätzen geführt wird, wo ihm bestimmte Produkte präsentiert oder wo konkrete Handlungsschritte durchgeführt werden können. Das in [Dachselt99] vorgestellte Konzept der Handlungsräume (*Action Spaces*) definiert einen Handlungsraum als einen blickpunktabhängigen 3D-Raum mit Interface-Elementen, die der Erfüllung einer assoziierten Aufgabe dienen. Dabei ist eine Reihe von 3D-Werkzeugen bzw. Schnittstellenelementen um einen vordefinierten *viewpoint* angeordnet, wobei Handlungsräume keine Räume im geometrischen Sinn zu sein brauchen. Ein Beispiel dafür wäre ein Handlungsraum zur Produktkonfiguration, der genau die Werkzeuge (Farbwähler etc.) enthält, die in diesem Moment für die Konfiguration benötigt werden. Der Übergang zwischen verschiedenen Handlungsräumen ist animiert, um die Orientierung zu vereinfachen. Das virtuelle Materiallager und der Showroom im Implantorium-Prototyp

sind zwei Beispiele für solche Handlungsräume. Neben der aus den Viewpoint-Listen von VR-Browsern bekannten animierten Änderung des Kamerastandpunktes können Übergänge zwischen Handlungsräumen auch nur durch animierte Aktionen, wie des Schließens der Lamellentür, visualisiert werden. Der Blickpunkt des Nutzers bleibt dabei gleich, nur die Objekte im Sichtbereich ändern sich. Somit ermöglichen Handlungsräume nicht nur das Aufsuchen interessanter Kamerastandpunkte, sondern auch eine aufgabenzentrierte, benutzerfreundliche Navigation in virtuellen Umgebungen. Parallel dazu sollte den Nutzern selbstverständlich die freie Navigation gestattet sein.

4.5 Vielfältige Medienintegration

Das Medium VR erlaubt die Integration zahlreicher Medien, wie Text, Bild, Video oder Sound. Aufgrund zunehmend austauschbarer und im technischen Bereich immer komplexerer Produkte besteht ein enormer Bedarf nach weiterer Erläuterung, ergänzenden Informationen oder einfach nur effektvollere Präsentation. 3D Objekte sollten neben der reinen Geometrie und ihren Materialeigenschaften auch multimediale Informationen enthalten: textuelle Informationen (Preis, Beschreibung etc.), Bilder (um ihren Einsatz zu erläutern oder Designstudien, Illustrationen u.ä. zu zeigen), Sound (z.B. das typische Geräusch eines Motors), Videos (zur Produktnutzung, über den Herstellungsprozeß o.ä.) und Echtzeit-Animationen (Bedienungsanleitung, in die man auch interaktiv eingreifen kann). Dabei sollte dem Nutzer klar gezeigt werden, welche der multimedialen Informationen zur Verfügung stehen und abgerufen werden können. Im Prototyp gibt es z.B. eine Videosäule, auf der Videos zu einzelnen Phasen der Operation betrachtet werden können, während man gleichzeitig die OP-Instrumente bedienen kann.

4.6 Präsentation von Produkten im Erlebnis- und Handhabungskontext

Mit Hilfe verschiedener Medien ist es leicht möglich, Produkte in ihrem Anwendungsbereich zu zeigen oder Stimmungen zu generieren (z.B. Surfbrett vor Meereskulisse mit typischen Geräuschen). Dabei können mehrere in Beziehung stehende Objekte gleichzeitig präsentiert werden, womit sich verkaufsfördernde Mikroszenarien nachbilden lassen. Dies wurde im Implantorium-Prototyp durch Bestückungsmöglichkeiten von Operationstischen mit verschiedenen Instrumenten demonstriert. In [Bauer97a] wird die gleichzeitige Präsentation von Artikeln mit inhaltlichem Zusammenhang auch als Szenenmetapher abstrahiert. Gleichzeitig halten wir die interaktiv simulierte Bedienung von Produkten bzw. Teilen davon für einen wesentlichen Anreiz bei der Kaufentscheidung. Ein Schrank, der von einem virtuellen Möbelhaus angeboten wird, ließe sich beispielsweise öffnen, wobei der Türmechanismus verdeutlicht und die Innenaufteilung sichtbar gemacht würde. Die

Möglichkeit der interaktiven Auswahl von Farben, Varianten etc. ist ein wesentlicher Faktor für eine kundenorientierte Präsentation. Durch den Vorteil der interaktiven Änderung von 3D-Objekten, den kein anderes Medium bietet, lassen sich auch komplexe Produkte erläutern oder bestimmte Bedienungsschritte schneller erlernen. Erwähnt werden soll hier allerdings auch, daß die Implementierung von Produktfunktionalität kein automatisierbares und triviales Problem ist.

4.7 Hohe Designqualität u. Schaffung von Interface-Identität mittels flexibler Komponenten

Neben der Funktionalität ist der wichtigste Faktor das positive Erscheinungsbild einer Verkaufsanwendung, da professionelles Design das Vertrauen des Kunden und die Kundenbindung stärkt, die Unverwechselbarkeit eines Web-Angebots garantiert, eine positive Atmosphäre für Online Shopping schafft und nicht zuletzt ein Firmenimage und Produktidentitäten zur Markenbildung kommuniziert. Bisherige VR-Shopping Malls weisen in der Regel eine geringe Designqualität auf und sind somit kaum in der Lage, emotionale Qualität zu transportieren. Das ist einerseits technischen Restriktionen geschuldet, liegt aber andererseits auch an den Freiheitsgraden bei der Gestaltung der dritten Dimension und den fehlenden Erfahrungen und Standards auf diesem Gebiet. In [Dauner u.a. 98a] wird zu Recht gefordert, daß Produkte mit Designanspruch nicht nur selbst in hoher Darstellungsqualität gerendert werden sollten (was mit VRML und gegenwärtigen Bandbreiten nur schwer zu erreichen ist), sondern daß das Erscheinungsbild der gesamten Präsentationsumgebung adäquat sein sollte.

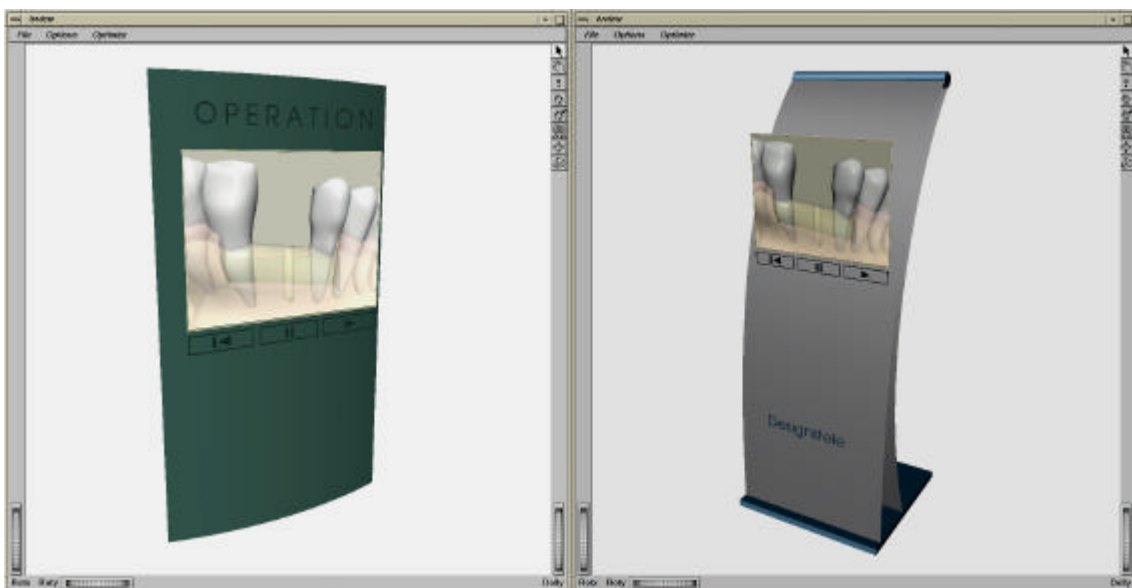


Abb. 5: Video-Stele in Standard-Form und mit modifiziertem Erscheinungsbild

Der vorgestellte Prototyp ist aus flexiblen 3D-Widgets zusammengesetzt, die nicht nur in Parametern wie Farbe, Größe oder Position konfigurierbar sind, sondern auch den Austausch ganzer Geometriebestandteile ermöglichen. Abb. 5 zeigt eine der Produktstelen mit ihrem Standardaussehen und eine alternative Variante, die durch Änderung weniger Parameter entstanden ist und die gleiche Funktionalität besitzt. Die Parameterkonfiguration erfolgt beim Prototyp in den Beschreibungsdateien für Schnittstellenelemente und ist dadurch vom Programmcode entkoppelt. Da sich die neu als *nodekit*-Klassen implementierten Widgets auch als Dynamic Shared Objects (DSO) oder Dynamic Link Libraries (DLL) abspeichern lassen, ist ihr flexibler Einsatz in unterschiedlichen Applikationen möglich, womit ein erster Ansatz von Komponentenhaftigkeit realisiert wurde. Auf etablierte Ansätze für komponentenbasierte Entwicklung von 3D Grafikapplikationen konnte dabei nicht zurückgegriffen werden. Der Vorschlag des Web3D-Consortiums für VRML Next-Generation bzw. X3D adressiert unseres Wissens nach erstmalig das Thema komponentenbasierte 3D-Grafik [14].

Wie die Abb. 5 bereits andeutet, läßt sich mit flexiblen Interface-Komponenten auch das Corporate Design einer Firma leicht umsetzen. Im Gegensatz zu uniformen, standardisierten Schnittstellen plädieren wir in Anlehnung an die Corporate Identity eines Unternehmens für die Umsetzung von *Interface Identity*, einem charakteristischen gestalterischen Erscheinungsbild der Benutzeroberfläche als Mittel des Corporate Designs eines Unternehmens. Dabei sollten typische Farben, Formen, Schriften, grafische Symbole und multimediale Stilelemente die Identifizierbarkeit und Wiedererkennbarkeit eines Interfaces ermöglichen. Dafür ist eine Balance zwischen Konsistenz in der Bedienung, unverwechselbarer Charakteristik und intelligenten visuellen Freiheitsgraden nötig, um den sich wandelnden Ansprüchen und Marktbedingungen gerecht zu werden. Konzeptionelle Konstanten garantieren die leichte Bedienbarkeit (ein Schieberegler muß als solcher erkennbar und immer gleich zu bedienen sein) und visuelle Variablen eine gestalterische Flexibilität (Schieberegler müssen nicht alle grau und rechteckig sein). Wir halten eine „freizügigere“ Gestaltung von Benutzeroberflächen im Bereich E-Commerce für dringend geboten und erfolgversprechend. Gerade beim Einkauf spielt das emotionale Moment eine wesentliche Rolle, so daß ein minimalistisches Design, was ausschließlich eine Funktion kommuniziert, wenig geeignet ist. Hingegen sollten mit charaktervollen Schnittstellen individuelle Botschaften kommuniziert werden.

4.8 Beratung und Verkaufsunterstützung

Ein wichtiger Faktor, den gegenwärtige Verkaufssysteme nicht realisieren, ist der Einbau von Kommunikationskomponenten, um den direkten, situationsbezogenen

Kontakt zum Kunden schon bei der Produktauswahl herzustellen. Dabei bieten dreidimensionale verteilte virtuelle Umgebungen das Potential für die Integration von vielfältigen Kommunikationskanälen. Bisher wird man als Nutzer von Anwendungen wie z.B. der BWM-Bank [15] nur von Robot-Avataren angesprochen, die ihren immer gleichen Fragenkatalog abspulen. Wünschenswert ist die vom Kunden bei Bedarf initiierte Kontaktaufnahme mit Fachberatern oder einem Callcenter, wobei der Berater die bisher vom Kunden unternommenen Konfigurationsversuche übermittelt bekommt und so auf Fragen des Kunden eingehen kann, ein spezielles Preisangebot für diese Konfiguration empfehlen oder weitere Varianten vorschlagen kann. Dadurch lassen sich Fehler vermeiden und die Entscheidungsfindung beim Kunden vereinfachen. In [Dauner u.a. 98b] wird die Möglichkeit erörtert, Produktpräsentationen um Sprach- und Videokonferenzsysteme zu erweitern. Ein solches System könnte perspektivisch auch als Distributed Virtual Environment realisiert werden, womit Kunde und Berater in der Lage sind, die gleichen Produkte betrachten und konfigurieren zu können. Hierbei sind Aspekte der Sicherheit, Geheimhaltung und Ungestörtheit zu berücksichtigen. Ebenso bieten verteilte Mehrbenutzerwelten den Vorteil der Kontaktaufnahme mit anderen Kunden, um Erfahrungen untereinander auszutauschen.

5 Ausblick

Der Einsatz von 3D-Grafik in E-Commerce-Anwendungen verspricht deutliche Vorteile und erweitert die bisherigen Möglichkeiten elektronischer Produktkataloge erheblich. Dabei wurde zu Beginn des Artikels ein Trend in Richtung Nutzung von 3D-Grafik aufgezeigt und deren konkreter Mehrwert untersucht. Der vorgestellte Prototyp demonstrierte eine Reihe der im letzten Kapitel aufgestellten Anforderungen und Konzepte für erfolgreiche 3D-Präsentationssysteme. Dreidimensionale, virtuelle Marktplätze der Zukunft könnten auf dieser Basis realisiert sein, um einen tatsächlichen Mehrwert zu erbringen. Dabei ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht geklärt, auf welcher Technologie solche virtuellen Verkaufsräume der Zukunft beruhen werden und ob verteilte virtuelle Umgebungen für E-Commerce-Systeme geeignet sind. Weitere Forschungsarbeit auf dem Gebiet ergonomischer, dreidimensionaler Schnittstellen muß geleistet werden, um ein standardisiertes Repertoire an 3D-Interaktions- und Visualisierungstechniken für Desktop-VR-Anwendungen zu entwickeln und im breiten Einsatz zu testen.

Literatur

[Bauer97a] Bauer, K.M.: „Aspekte der endkundengerechten Gestaltung von Benutzungsoberflächen für Präsentations- und Verkaufssysteme mit 3D-Techniken.“ In: Popp, H.; Mertens, P. (Hrsg.): Beiträge zum 4. FORWISS-Workshop "Elektronische Verkäufer", S. 133-142, FR-1997-003, Bayerisches Forschungszentrum für Wissensbasierte Systeme (FORWISS), Erlangen, 7.4.1997.

[Bauer97b] Bauer, K.M., "Automatic Generation of Virtual Worlds for Electronic Commerce Applications on the Internet", in *Virtual Environments on the Internet, WWW and Networks*, Bradford, UK, April 1997.

[Bowman u.a. 99] Bowman, D., Kruijff, E., LaViola, J., Poupyrev, I., "3D User Interface Bibliography (3DUI BIB)" <http://www.mic.atr.co.jp/~poup/3dui/3duibib.htm>

[Bullinger u.a. 98] Bullinger, H.-J., Roessler, A., "Advances in Bridging the Gap: Using Virtual Reality to Enhance Productivity", in *Virtual Environments '98* (Proceedings of the Eurographics Workshop), Stuttgart, Springer Computer Science, Juni 1998.

[Card u.a. 99] Card, S.K., Mackinlay, J.D., Shneiderman, B., "Readings in Information Visualization : using vision to think", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1999.

[Conner u.a. 92] Conner, D.B., Snibbe, S.S., Herndon, K.P., Robbins, D.C., Zeleznik, R.C., van Dam, A., "Three-dimensional widgets", in *Computer Graphics* (1992 Symposium on Interactive 3D Graphics), 25(2): 183-188, März 1992.

[Dachselt99] Dachselt, R., "The Challenge to Build Flexible User Interface Components for Non-Immersive 3D Environments", erscheint in *HCI International '99 Proceedings*, München, August 1999.

[Dauner u.a. 98a] Dauner, J., Landauer, J., Stimpfig, E., "3D Product Presentation Online: The Virtual Design Exhibition" in *Proceedings of VRML 1998*, Monterey (Ca.), 1998.

[Dauner u.a. 98b] Dauner, J., Wittkowski, M., Müller, A., "Applying the Third Dimension to E-Commerce" in *Virtual Environments '98* (Proceedings of the Eurographics Workshop), Stuttgart, Springer Computer Science, Juni 1998.

[Geist u.a. 98] Geist, M.-R., Popp, H., „Virtual Reality (VR) – Anwendungssysteme zur Verkaufsunterstützung“ in *Wirtschaftsinformatik*, Heft 1/98, S. 33-38, Friedrich Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1998.

[Kolbe u.a. 98] Kolbe, P., Just, C., Dachsel, R., Spindler, M., Maas, I., „Implantorium – ein virtuelles Laboratorium für die stomatologische Implantologie“, Vortrag beim *Fachsymposium „Virtuelles Design“*, formschau 98, Dresden, März 1998.

[Page99] „Web-Design für's E-Business“ in *PAGE – Zeitschrift für digitale Gestaltung und Medienproduktion*, 6/99, S.24 ff.

[Schneider96] Schneider, J.P., „Das World Wide Web als Werbemedium“, Hausarbeit FOI Medien, Hochschule für Bibliotheks- und Informationswesen Stuttgart, 1996, <http://machno.hbi-stuttgart.de/~hk/schneider/hausend.htm>

[Stratmann98] Stratmann, C., „Window into Virtuality – A Sales-Support-System based on ideas and technology components out of the Virtual Reality area“ in *Virtual Environments '98* (Proceedings of the Eurographics Workshop), Stuttgart, Springer Computer Science, Juni 1998.

Webadressen

- [1] Web3d-Consortium VRML-NG: http://www.vrml.org/fs_specifications.htm
- [2] Java3D: <http://java.sun.com/products/java-media/3D/>
- [3] MetaStream: <http://www.metastream.com>
- [4] Otto-Online: <http://www.otto.de> (ca. 50 Rundumansichten von Produkten)
- [5] Ferrari: <http://www.ferrari.com/Automobili/index.asp> (Autoansicht „Fly Around“ mit Quicktime VR und „Paint your own Ferrari“-Applet)
- [6] Mercedes Benz Colorator:
http://www.mercedes-benz.de/mbd/t50/0,1517,C26_1AD,00.html?
- [7] Mercedes Benz Konfigurator:
<http://mbks2.mercedes-benz.com/mbksonline/d/default.htm>
- [8] Fraunhofer IAO „Virtual Design Exhibition“ <http://virtual.design-exhibition.com>
- [9] Style-Click Versand: <http://www.styleclick.com> (MetaStream 3D-Objekte)
- [10] Active Worlds @mart: <http://www.activeworlds.com/@mart>
- [11] InterSpace-Welt VR@TOWER: <http://www.ntts.com/worlds/links.html>
- [12] Fraunhofer IAO VR-Shop: <http://communityserver.swt.iao.fhg.de/commserv/vrml/custom/vr-mall/vr-mall/frames.html>
- [13] Cybertown von Blaxxun: <http://www.blaxxun.com/community/cybertown.html>
- [14] Web3D-Consortium: <http://www.web3d.org/TaskGroups/x3d/index.html>
X3D-Spezifikation und Komponentenansatz
- [15] Virtuelle BMW Bank: <http://www.blaxxun.com/solutions/showcase/bmkbank/>