

Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung

Teil 10: Virtuelle Realität

Von Gert Zülch, Volker Keller und Sascha Stowasser

Entstanden in militärischen Forschungslaboratorien hat die Virtuelle Realität (Virtual Reality, VR) in wenigen Jahren ihren Weg in die zivile und industrielle Forschung gefunden. Bisher gibt es nur verhältnismäßig wenige Anwendungen, die die Virtuelle Realität zur Darstellung von Informationen nutzen. Meist handelt es sich hierbei um Spezialanwendungen wie Simulatoren aus den Gebieten der Luft- und Raumfahrt sowie der Militär- und Medizintechnik. Mit dem Einsatz von VR für Computerspiele verstärkt sich jedoch VR der Einzug in den breiten Massenmarkt. Informationssysteme, die VR zur Visualisierung von industriellen Daten nutzen, sind zur Zeit noch Forschungsgegenstand bzw. befinden sich in der Frühphase der Entwicklung. Mit dem Einzug der Virtuellen Realität in die breite Anwendung kommen auf die Software-Ergonomie abgewandelte Problemstellungen zu.

Nachdem in den ersten acht Artikeln dieser Artikelserie die Gestaltungs- und Evaluationsprinzipien der traditionellen Software-Ergonomie dargestellt wurden, hatte sich der vorhergehende Artikel mit der Fragestellung der kommunikationsergonomischen Gestaltung von Internet-Seiten beschäftigt (ZÜLCH, STOWASSER, FISCHER 1999, S. 96 ff.). Zum Abschluss der Artikelserie wird die Problematik der ergonomischen Gestaltung von VR-Anwendung aufgegriffen.

Grundelemente der Virtuellen Realität

Unter Virtueller Realität versteht man im allgemeinen, die von einem Computer generierte dreidimensionale künstliche Welt, in der der Benutzer mit dem Bedienungssystem interagieren kann (vgl. BORMANN 1994). Sie dient damit zur interaktiven Visualisierung von komplexen Sachverhalten. Unter Visualisierung versteht man in diesem Zusammenhang die graphische Aufbereitung von numerischen Daten. Nach LAVROFF (1992) basiert Virtuelle Realität auf den drei Grundelementen Eingebundenheit, Steuerung und Manipulation.

Eingebundenheit oder auch Immersion bedeutet, dass die Informationen eine scheinbar räumliche, möglichst umfassende Umgebung für den Benutzer bilden. Er erlebt diese Virtuelle Realität von innen und betrachtet sie nicht nur durch ein Fenster. Der Benutzer taucht somit in die Virtuelle Realität ein. Die Realisierung von Eingebundenheit ist hauptsächlich Aufgabe der Hardware. **Steuerung** oder auch Navigation ist die Fähigkeit des Rechnersystems, die es dem Benutzer

ermöglicht, sich in einem von einem Computer erzeugten künstlichen Raum zu bewegen und diesen nach eigenem Willen zu erforschen. **Manipulation** ist die Möglichkeit des Benutzers, seine Umgebung in irgendeiner Weise zu beeinflussen, also mit ihr zu interagieren.

Systeme zur VR-Visualisierung

Zur Visualisierung von VR kann man nach BULLINGER, BAUER und BRAUN (1997) unterschiedliche Visualisierungssysteme einsetzen:



Bild 1: Head-mounted display der Firma ProView™

Immersive Virtuelle Umgebungen verwenden sogenannte HMDs (head-mounted display) (vgl. Bild 1) oder BOOMs (binokular omnioriented monitors) in Verbindung mit Stereokopfhörern. Ein HMD ist ein helmbasiertes Gerät, das aus einem am Kopf bzw. Helm befestigten Display, einem Gerät zur Bestimmung der Kopf- und Blickbewegungen sowie einer Quelle visueller Informationen besteht. Ein BOOM hat die gleichen Komponenten wie ein HMD, wird jedoch nicht auf dem Kopf getragen, sondern hängt an einem freibeweglichen Arm direkt vor den Augen des Benutzers. Sowohl das HMD als auch das BOOM liegt geschlossen auf dem Gesicht an und schottet den Benutzer von den visuellen Eindrücken seiner Umgebung ab. Jedes Auge wird separat mit visuellen Darstellungen angesteuert, die im Gehirn des Benutzers zu einer dreidimensionalen Darstellung verschmelzen. Beide Gerätearten zeichnen die Kopfposition, die Kopfbewegungen sowie die Blickrichtung des Benutzers auf und geben diese Informationen an den Rechner weiter, um den darzustellenden Bereich der Umgebung bestimmen zu können. Durch den unterstützenden Einsatz von akustischen Signalen wird der Benutzer aus seiner Umgebung herausgelöst und taucht vollends in die Virtuelle Realität ein.

Projektions-Umgebungen schränken die Bewegungsfreiheit des Benutzers, der nur eine entsprechende 3D-Brille tragen muss, kaum ein. Für diese Visualisierungsart sind spezielle

Räumlichkeiten notwendig. Durch Projektoren wird die Virtuelle Umgebung des Benutzers auf die ihn umgebenden Wände des Raumes projiziert. Auch hier wird der Benutzer von der realen Außenwelt abgeschottet.

Angereicherte Realitäten zeigen die virtuellen Objekte über einen halbdurchlässigen Spiegel gleichzeitig mit einem Abbild der Realität. Hier erfolgt also eine Überlagerung der Realität mit zusätzliche, softwaretechnisch erzeugten Informationen.



Bild 2: LCD-Shutter-Brille der Firma Crystal Eyes™

Monitorbasierte virtuelle Umgebungen sind die preiswerte Alternative zu den bereits vorgestellten Systemen. Auch dabei können 3D-Visualisierungen und das Verfolgen von Kopfbewegungen eingesetzt werden. Über einen Monitor werden hierbei Stereobilder im Wechsel von i.d.R. 60 Hz angezeigt. Diese Bilder müssen mit Hilfe einer sogenannten LCD-Shutter-Brille für das menschliche Auge in eine Sequenz gebracht werden. In Übereinstimmung mit dem Monitorbild wird 60 Mal in der Sekunde jeweils das linke bzw. rechte Auge angesteuert. Das visuelle System des Menschen setzt die beiden räumlich versetzten Bildern zu einem 3D-Bild zusammen. Mit einem Head Tracking System werden die Kopfbewegungen erfasst und zur Navigation innerhalb der 3D-Darstellung genutzt. Bei diesem Verfahren wird der Benutzer nicht gänzlich aus seiner Umgebung herausgelöst, sondern hat immer noch die Möglichkeit, auch mit seiner Umgebung zu interagieren.

Zur Untermauerung der visuellen Präsentation kann beim Einsatz der Virtuellen Realität ergänzend auf akustische Signale zurückgegriffen werden. Diese Signale können als Zustandsmeldungen und Warnhinweise sowie als Hilfen bei der Navigation eingesetzt werden. Grundsätzlich müssen die verwendeten Signale gut unterscheidbar und interpretierbar sein, um den Benutzer kognitiv nicht zu überlasten.

In Virtuellen Umgebungen kann auch ein haptisches Feedback eingesetzt werden (VINCE 1995). Man unterscheidet hierbei zwischen taktilem Feedback durch Reizung der Haut und Force-Feedback mittels eines Exoskeletts/Hand-Arm-Systems oder eines einfachen Hand-Systems. In der Virtuellen Realität wird somit nicht nur der visuelle, sondern auch der akustische und haptische Kanal des Menschen zur Informationsaufnahme genutzt. Diese Vielfältigkeit der Informationsübermittlung führt dazu, das Gefühl der Immersion beim Benutzer zu verstärken. Dies führt zu einer höheren Konzentration auf die durchzuführende Aufgabe, wobei gleichzeitig mögliche Ablenkungsquellen ausgeschaltet werden sollen.

Kommunikationsergonomische Gestaltung von VR

Aus Sicht der Kommunikationsergonomie sind vor allem die Aspekte der Informationscodierung (vgl. ZÜLCH, FISCHER, KELLER 1998) sowie der Dialoggestaltung (vgl. ZÜLCH, STOWASSER, FISCHER 1998) von Interesse. Grundsätzlich gelten die in den jeweiligen Artikeln dieser Serie dargelegten Prinzipien auch für die Systeme der Virtuellen Realität. Da sich die Virtuelle Realität der dreidimensionalen Darstellung bedient und somit von der Zweidimensionalität des Bildschirms abweicht, erweisen sich allerdings Modifikationen der dafür geltenden Prinzipien als notwendig.

So spielt die Codierung von Informationen durch Zeichen in VR-Systemen eine untergeordnete Rolle, da Zeichen nur zweidimensional dargestellt werden und somit nicht aus jeder Richtung erkannt werden können. Piktogramme sind zur Codierung von Informationen in dreidimensionalen Darstellungen besser geeignet, da sie in Form von dreidimensionalen Objekten von allen Seiten erkannt werden können. Farbe wird ebenso wie Zeichen als unterstützende Codierung für Piktogramme verwendet. Die örtliche Lage einer Information lässt sich ebenfalls zur Codierung nutzen. Da sich der Standort des Betrachters ändern kann, ist jedoch nicht die absolute Lage der Information, sondern seine relative Lage bezüglich anderer Informationen von Bedeutung. Durch die Möglichkeit der Bewegung durch die vom Computer generierte künstliche Realität und die daraus resultierende Aufhebung der darstellungstechnischen Begrenztheit eines Bildschirms ist es auch möglich, komplexere Zusammenhänge mit vielen Objekten übersichtlich darzubieten. Die durch DIN 66 234, Teil 5, empfohlene Begrenzung der dargestellten Piktogramme wird dabei jedoch nur unwesentlich berührt, da sich die Begrenzung nur auf den betrachteten Ausschnitt und nicht auf die Gesamtumgebung bezieht.

Die Grundsätze der Dialoggestaltung, wie sie in Artikel 5 dieser Artikelsreihe beschrieben wurden, gelten auch für VR-Anwendungen. Die dort aufgeführten Antwortzeiten sind jedoch für VR-Anwendungen nicht hinnehmbar, da man aufgrund der Berücksichtigung von Kopfbewegungen in

Echtzeit operieren muss. Seitens der Dialogtechnik bedienen sich VR-Anwendungen vielfach der direkten Manipulation durch den Benutzer über die Schnittstellenkomponenten.

Weiterhin stellt die bereits eingangs erwähnte Navigation durch den künstlichen Raum einen wichtigen Aspekt der Virtuellen Realität dar. Um nicht die Orientierung innerhalb der künstlichen Welt zu verlieren, muss es dem Benutzer des System mittels Navigationshilfen ermöglicht werden, eine kognitive Landkarte herauszubilden (MAY, PERUCH, SAVOYANT 1995). Mögliche Navigationshilfen sind beispielsweise signifikante Landmarken innerhalb der Virtuellen Realität. Die Bildung einer kognitiven Landkarte wird allerdings durch technische Mängel der zur Zeit verfügbaren Systeme noch erschwert. Aufgrund der begrenzten Auflösung lässt sich die räumliche Tiefe nicht ausreichend wahrnehmen. Durch das begrenzte Sichtfeld kann außerdem nur ein kleiner Teilausschnitt des Gesamtsystems betrachtet werden. Dies führt zu einer höheren kognitiven Belastung des Benutzers und zu möglichen virtuellen Kollisionen mit Objekten. Eine weitere Schwierigkeit stellt die Fehleinschätzung von Objektgrößen und Entfernungen zwischen den Objekten dar (vgl. ARTHUR, HANCOCK, CHRYSLER 1997). Dies resultiert aus ungenauen Darstellungen bzw. Verzerrungen am Rand der Anzeige. Die daraus folgende Fehleinschätzung durch den Benutzer betrifft jedoch in der Regel nur die absolute Größe und Distanz, relative Abschätzung sind sehr wohl möglich.

Folgen und Auswirkungen von VR

Über die Auswirkungen von VR liegen bisher erst wenige Untersuchungen vor. Aus diesem Grunde kann hierzu bisher nur wenig ausgesagt werden.

Die Virtuelle Realität nutzt in ihren Visualisierungsformen Metaphern aus der realen Umgebung der Benutzer. Durch die Wiedererkennung der Metaphern durch den Benutzer wird die Eingewöhnung in die Visualisierung beschleunigt. Durch Abschottung des Benutzers von seiner Umgebung werden Ablenkungseffekte minimiert und die Konzentration auf die zu erledigende Aufgabe erhöht. Diese Abschottung von der Umgebung kann jedoch zur Notwendigkeit einer kurzen Orientierung bei häufigen Wechsel der Realitäten führen. Daher sollten Medienwechsel bei der Nutzung von VR-Systemen nach Möglichkeit vermieden werden.

Da es Ziel der Virtuellen Realität ist, den Benutzer mit möglichst vielen Informationskanälen mit der künstlichen Welt zu verbinden, kann es unter Umständen zu einer Reizüberflutung kommen. Hierbei werden zu viele unterschiedliche Informationen auf verschiedenen Informationskanälen gleichzeitig an den Benutzer weitergeleitet. Diese Reizüberflutung gilt es zu verhindern, in dem beispielsweise Informationskanäle redundant eingesetzt werden.

Beim Einsatz von HMDs kann es bei den Benutzern nach einiger Zeit zu Schwindelgefühlen und Übelkeit kommen. Dieses Phänomen bezeichnet man als Simulatorkrankheit. Es resultiert aus Verzögerungen des Rechners: Der Benutzer bewegt den Kopf, doch die Szene ändert sich nicht; kurze Zeit später bewegt sich die Szene, obwohl die Kopfbewegung bereits abgeschlossen ist.

Bei der Verwendung von BOOMs ist die Strahlenbelastung durch Kathodenstrahlbildschirme nicht zu vernachlässigen. Untersuchungen haben gezeigt, dass schwerwiegende Augenschäden nicht ausgeschlossen werden können (o.V. 1993). Die Probleme resultieren aus der mangelnden Anpassung der heutigen VR-Displaytechnik an das visuelle menschliche Wahrnehmungsvermögen.

Neben diesen gesundheitlichen Gefährdungen gibt es jedoch auch Vorteile, die durch den Einsatz von VR genutzt werden können. Hierbei sind insbesondere mögliche Hilfestellungen für körperlich und geistig behinderte Menschen anzuführen. Diese sind möglich, da bei VR mehrere menschlichen Sinnesorgane zur Kommunikation genutzt werden können.

Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete von Virtueller Realität erstrecken sich bereits heute von Militär und Raumfahrt über Medizin, Bildung, Unterhaltung, Architektur bis hin zu ersten Anwendungen in der Industrie.

Wie bereits erwähnt, wurde die Entwicklung der VR-Technik maßgeblich durch militärischen Anwendungen vorangetrieben. Virtuelle Realität wird hier zu Ausbildungs- und Trainingszwecken in Form von Simulatoren eingesetzt. Darüber hinaus werden VR-Systeme in Kampfflugzeugen eingesetzt (BORMANN 1994). In der Raumfahrt will man VR-Systeme zur Telerobotik sowie zur Visualisierung wissenschaftlicher Daten nutzen. Durch VR erhalten Wissenschaftler die Möglichkeit, die numerischen Daten von Erkundungs sonden dreidimensional abzubilden und interaktiv Objekte zu erkunden (HITCHNER 1992). In der Telerobotik soll es möglich werden, Satellitenreparaturen und den Aufbau einer Raumstation durch Roboter von der Erde aus fernzusteuern (RHEINGOLD 1992).

Bereits im Einsatz befinden sich VR-Systeme bei der minimalinvasiven Chirurgie. Hier werden 3D-Video-Endoskope für die Operation eingesetzt. Im Medizinbereich sind weitere Anwendungen in der Entwicklung, so die Virtuelle Realität zu nutzen. So plant man, VR-Systeme zur Ausbildung und zum Training in neuen Operationstechniken einzusetzen. Darüber hinaus sollen mittels Virtueller Realität Fernoperationen ermöglicht werden. Diese Technik würde es erlauben, dass sich der Arzt während der Operation an einem anderen Ort befindet als der Patient. Forschungen in diese Richtungen werden auch vom Militär unterstützt (BORMANN 1994). Auch für behinderte

Menschen werden zur Zeit VR-Systeme entwickelt, welche die Kommunikation oder Reha-Maßnahmen unterstützen sollen entwickelt (BORMANN 1994).

Auch im Bildungsbereich eröffnen sich für den Einsatz der Virtuellen Realität eine Vielzahl von Möglichkeiten. Die VR-Technik ist durch multimediale Immersion in der Lage, Erfahrungen zu vermitteln oder auszulösen, die der Benutzer in sein reales Leben übertragen kann. Nach BULLINGER u.a. (1997) kann innerhalb interaktiver Demonstrationen der Umgang mit (virtuellen) Objekten erlernt werden. Weiterhin können mittels Virtueller Realität abstrakte Konzepte, wie beispielsweise die Struktur eines Moleküls, anschaulich visualisiert werden. Zur Einübung von Verhaltensmustern in Gefahrensituationen ist der Einsatz von Simulatoren auf Basis der VR-Technik prädestiniert. Die Vermittlung von komplexen Zusammenhängen, wie beispielsweise die Funktionsweise eines Motors, also das Wissen über physikalischen Gesetzmäßigkeiten, kann durch VR verdeutlicht werden. Die Exploration entfernter Orte sowie vergangener Epochen ist ein weiteres Anwendungsfeld für die Virtuelle Realität im Bildungsbereich. Darüber hinaus kann die Ausbildung kreativer Fertigkeiten durch VR unterstützt werden. Ein klassisches Beispiel für den Einsatz von Virtueller Realität im Bildungsbereich ist das Erlernen von Fremdsprachen in Rollenspielen.

Die Unterhaltungsbranche ist nach Ansicht von BORMANN (1994) einer der größten Märkte für zukünftige VR-Anwendungen. Gerade in diesem Bereich war die Bereitschaft der Konsumenten am größten, auch noch nicht ausgereifte Techniken einzusetzen. Aus diesem Grunde wurden schon vor Jahren VR-Anwendungen mit grober Bildschirmauflösung und hohen Verzögerungszeiten als Computerspiele eingesetzt. Über erste Anwendungen in Form von interaktiven Spiele in Spielhallen sowie dem Einsatz in Freizeit- und Vergnügungsparks fanden VR-Spiele den Weg in den Heimbereich. Eine der wichtigsten Anwendungen stellen die Spielkonsolen mit speziellen Graphikbeschleunigern dar.

In der Architektur wird die Virtuelle Realität zur Visualisierung geplanter Gebäude eingesetzt. Im Bereich der Stadtplanung werden dabei ganze Straßenzüge abgebildet und neue Gebäude in bestehende Straßenzüge eingebaut. Hierdurch können Gesamtkonzeptionen vorab betrachtet und die Veränderungen der Umwelt überprüft werden. Virtuelle Realität ermöglicht weiterhin das Begehen von geplanten Gebäuden. Die Inneneinrichtung kann so innerhalb solcher Virtuellen Gebäude platziert und betrachtet werden.

Schon heute werden im Bereich des Prototypen-Designs und der Produktionsplanung in der Automobil- und Flugzeugindustrie die Möglichkeiten der Virtuellen Realität genutzt. Durch die Verwendung von VR können bereits während des Designs erste Simulationen und Untersuchungen durchgeführt werden. Die Virtuelle Realität kann dazu beitragen, Planungsfehler möglichst

frühzeitig im Designprozess zu erkennen. Neue Ideen und Verbesserungen lassen sich ohne Anfertigung eines realen Prototypen schneller implementieren und testen. Neben möglichen Einsparungspotentialen im Prototyping werden VR-Systeme auch zur Planung von Produktionsabläufen eingesetzt. Hier liegt der Vorteil darin, dass man geplante Produktionsabläufe testen kann, bevor das Produktionssystem tatsächlich existiert. Für die dabei eingesetzte Simulationssoftware sind bereits VR-Visualisierungstools erhältlich. Weitere Anwendungen entstehen im Bereich von Facility-Management-Systemen für verfahrenstechnische Prozesse.

Anwendungsbeispiel

Im Rahmen eines Forschungsprojektes an der Universität Karlsruhe wurde die Virtuelle Realität dazu genutzt, Informationen sachgerecht für die Bedürfnisse von Facharbeitern aufzubereiten. Anhand dieses Beispiels sollen im folgenden die Möglichkeiten einer Virtuellen Realität zur Informationsaufbereitung exemplarisch erläutert werden.



Bild 3: Dreidimensionale realitätsnahe Sicht auf eine Virtuelle Werkstatt

Selbst in so hochtechnisierten Bereichen wie der Fertigung gibt es bei Mitarbeitern immer noch Berührungsängste hinsichtlich des Einsatzes von Rechnern zur Informationsbereitstellung. Dies liegt vor allem daran, dass man sich beim Einsatz von Rechnern auf eine abstrakte Ebene begibt und durch die hinterlegte Datenstruktur navigieren muss, um die gesuchte Information zu erhalten.

Bei ausländischen Mitarbeitern kommt zusätzlich das sprachliche Problem hinzu, da die zu nutzenden Pfade in aller Regel sprachlich codiert sind.

Basierend auf dieser Ausgangssituation und dem Wissen, dass der benötigte Informationsumfang innerhalb einer Werkstatt eher begrenzt ist, wurde eine sogenannte Werkstattsicht auf die benötigten Informationen konzipiert (vgl. ZÜLCH, KELLER, FISCHER 1997). Hierbei ist zu beachten, dass ein großer Teil der benötigten Informationen in bzw. an den Maschinen der Werkstatt entsteht (vgl. KELLER 1998). Es ist somit möglich, das bei den Fertigungsmitarbeitern vorhandene Wissen über die Quelle einer Information zu nutzen.

Durch den Einsatz der Virtuellen Realität wird in dieser Anwendung das vorhandene mentale Modell der Mitarbeiter über den Standort einer Information als kognitive Landkarte genutzt. So kann ein Fertigungsmitarbeiter, der sich durch die Virtuelle Werkstatt bewegt, Informationen direkt an der gegenständlichen Darstellung der Datenquelle abrufen (vgl. Bild 3). Beispielsweise ist es möglich, Auftragsdaten an den Gitterboxen abzurufen, die jeweils einen Auftrag repräsentieren. Anwendungen, die im direkten Zusammenhang mit Gegenständen in der Virtuellen Werkstatt stehen, können direkt von dort gestartet werden (z.B. Zeitbanddarstellung des Auftrags im Leitstand links außen im Bild). Informationen, bei denen keine Zuordnung zu einem Gegenstand möglich ist, werden in der Darstellung durch hinzugefügte Informationsträger visualisiert, wie beispielsweise Wandtafeln für allgemeine Bekanntmachungen oder Türen als symbolischer Übergang in andere Fertigungsbereiche.

Durch den Einsatz von VR soll in diesem Anwendungsfall die Hemmschwelle zur Nutzung des Rechners gesenkt werden. Der Fertigungsmitarbeiter trifft bei der Anwendung auf ein ihm bereits aus der Realität bekannte Darstellung, da es sich hier um ein realitätsgetreue Abbildung seines Arbeitsbereiches handelt. Er kann somit zur Navigation in der Anwendung direkt auf sein bereits vorhandenes mentales Modell zurückgreifen.

Zusammenfassung

Zum Abschluss der Artikelserie über die ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung wurde im vorliegenden Beitrag ein Einblick in die Techniken der Virtuellen Realität gegeben. Nach der Einführung der Fenstertechnik Mitte der achziger Jahre stellt die Virtuelle Realität den nächsten bedeutenden Schritt in der Entwicklung der Informationstechnik dar. Mit dem Einsatz der Virtuellen Realität eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten. Mehrere zur Verfügung stehenden Informationskanäle des Menschen können nunmehr genutzt werden. Die Mensch-Rechner-Schnittstelle verlässt somit die Begrenzung auf die visuelle Informationswahrnehmung und entwickelt sich hin zu einer natürlicheren Art der Kommunikation als dies heute mit Bildschirm, Tastatur und Maus möglich ist.

Diese Möglichkeiten lassen manche Autoren (beispielsweise BAUER 1996) von einer bevorstehenden Revolution des menschlichen Lebens sprechen. Bei der Fülle der neuen Möglichkeiten gilt es jedoch, die Gefahren nicht außer Acht zu lassen. Die meisten Gefahren resultieren aus zur Zeit noch vorhandenen hardwaretechnischen Unzulänglichkeiten, die jedoch mit jedem Evolutionsschritt der Rechnertechnik geringer werden.

Die Thematik der Reizüberflutung ist in dem Zusammenhang mit Virtueller Realität noch weitgehend unerforscht. Aus diesem Grund fehlen zur Zeit auch noch Gestaltungsmaßgaben und – richtlinien, die sich dieser Problematik widmen. Auch die Normung hat die Entwicklung hin zur Anwendung der Virtuellen Realität noch nicht nachvollzogen. Bisher bleibt es somit den Anwendungsentwicklern überlassen, aus den bestehenden Normen die für VR wichtigen Gestaltungskriterien herauszufiltern.

Literatur

ARTHUR; E. J.; HANCOCK, P. A.; CHRYSLER, S. T.:

The perception of spatial layout in real and virtual worlds.

In: Ergonomics, London, 40(1997)1, S. 69-77.

BAUER, Ch.: Nutzenorientierter Einsatz von Virtual Reality im Unternehmen.

München: Computerwoche-Verlag, 1996.

BORMANN, S.: Virtuelle Realität.

Bonn u.a.: Addison-Wesley, 1994.

BULLINGER, H.-J.; BAUER, W.; BRAUN, M.:

Virtual environments.

In: Handbook of human factors and ergonomics.

Hrsg.: SALVENDY, G.

New York u.a.: Wiley, 2. Auflage 1997, S. 1725-1759.

DIN 66 234, Teil 5:

Bildschirmarbeitsplätze. Codierung von Informationen.

März 1981.

HITCHNER, L. E.:

Virtual Planetary Exploration - A Very Large Virtual Environment.

In: SIGGRAPH'92, 19th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Chicago 1992, S. 6.1-6.16.

KELLER, V.:

Design of Human-Computer Interaction.

In: Design of Organisational Structures, Work Systems and Man-Machine-Interaction.

Hrsg.: ZÜLCH, G.

Aachen: Shaker Verlag, 1998, S. 83-96.

(ifab-Forschungsberichte aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe, Band 16)

LAVROFF, N.:

Faszination virtueller Welten.

München: te-wi-Verlag, 1992.

MAY, M.; PERUCH, P.; SAVOYANT, A.:

Navigating in virtual environment with map-acquired knowledge: Encoding and alignment effects.

In: Ecological Psychology.

Hillsdale NJ, 7(1995)1, S. 21-36.

o.V.:

Krank durch Virtual Reality.

In: VDI-Nachrichten.

Düsseldorf 47(1993)38, S. 26.

RHEINGOLD, H.:

Virtuelle Welten – Reisen im Cyberspace.

Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 1992.

VINCE, J.:

Virtual Reality Systems.

Wokingham (England) u.a.: Addison-Wesley Publishing, 1995.

ZÜLCH, G.; FISCHER, A. E.; KELLER, V.:

Codierung von Informationen. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung, Teil 3.

In: Ergo-Med,

Heidelberg, 22(1998)1, S. 36-40.

ZÜLCH, G.; KELLER, V.; FISCHER, A. E.:

Visual representation of factory information.

In: 3rd ERCIM Workshop on User Interfaces for All.

Hrsg.: European Research Consortium for Informatics and Mathematics – ERCIM, Working Group UI4All.

Obernai, 3-4 November 1997, S. 183-188.

ZÜLCH, G.; STOWASSER, S.; FISCHER, A. E.:

Gestaltung des Dialogs zwischen Benutzer und Rechner.

Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung, Teil 5.

In: Ergo-Med,

Heidelberg, 22(1998)3, S. 154-159.

ZÜLCH, G.; STOWASSER, S.; FISCHER, A. E.:

Internet und World Wide Web – zukünftige Aufgaben der Kommunikationsergonomie.

Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung, Teil 9.

In: Ergo-Med,

Heidelberg, 23(1999)2, S. 96-100.