

# Benutzerschnittstellen in der multimedialen 3D Kartografie – eine Gegenüberstellung

Markus JOBST

Dipl.Ing. Markus Jobst, Institut für Kartografie und Geo-Medientechnik, Gusshausstraße 30, A-1040 Wien, markus@jobstmedia.at

## 1 EINLEITUNG UND MOTIVATION

Die Vermittlung permanenter Veränderungen in der städtischen und regionalen Struktur erfordert für Planer und Betroffene Werkzeuge effizienter Kommunikations- und Präsentationsmöglichkeiten, um geplante Vorhaben und vergangene Entwicklungszeitpunkte nachvollziehen zu können. Diese leicht verständliche Präsentationsart von raumbezogenen Inhalten stellt eine Schlüsselposition am Schnittpunkt von Planer und Öffentlichkeit dar.

Ein attraktives Hilfsmittel zur Darstellung raumbezogener Inhalte wird in der 3D Visualisierung gefunden. Dieses lässt sich anhand der großen Anzahl von Arbeitsschwerpunkten und angewandten Lösungen im Bereich der virtuellen Realität – oder die mit virtueller Realität vermittelt werden – feststellen. Die Rekonstruktion der „geplanten“ Realität im virtuellen Raum kann aber nur der erste Schritt zu einer effizienten Darstellung der topografischen – thematischen Zusammenhänge sein. Begründet mit einer leichteren Verständlichkeit – beispielsweise durch eine Interpretationshilfe mit gezieltem Einsatz von Symbolik – sollten Konventionen für die Anwendung von multimedialen Komponenten abhängig von Benutzergruppe und deren verfügbare Schnittstellen gefunden werden. Die multimedialen Komponenten bezeichnen in diesem Zusammenhang Elemente der visuellen und auditiven Wahrnehmung, die der Interpretation und Kennzeichnung von Elementen im Raum und des Raumes selbst hilfreich sind.

Im Bereich der Multimediakartografie entwickelt sich das Themengebiet der multimedialen 3D Kartografie. Hierin wird der Versuch unternommen, Konventionen für die 3D Kartografie zu schaffen, diese möglicherweise aus der traditionellen Kartografie oder der zweidimensionalen Multimediakartografie abzuleiten und die Sinnhaftigkeit des Einsatzes von 3D für unterschiedliche Nutzergruppen zu klären. Im Zentrum der Betrachtungen stehen die menschliche Wahrnehmung, die Semiologie des virtuellen Raumes, Benutzerschnittstellen und deren Verwendung unterschiedlicher Modalitäten zur Geokommunikation.

Ein Teil der Schwierigkeiten der multimedialen 3D Kartografie liegt in der Beschreibung der Beziehungen zwischen den physikalischen Gegebenheiten der Realität und der über die Sinnesorgane wahrgenommenen und anschließend verarbeiteten räumlichen Außenwelt. Die Wahrnehmung des Raumes ist demnach kein passiver Prozess, sondern eine aktive Leistung des Gehirns, in die die persönlichen Erfahrungen eingebunden werden. [Albertz 1997] So könnte möglicherweise durch die genauere Kenntnis der Beziehungen von Realität und wahrgenommener Welt die raumbezogene Information effizienter kommuniziert werden.

Die Übertragung der Information – die Eingabe des Nutzers und damit die Navigationsmöglichkeit und die Ausgabe der aufbereiteten Information – erfolgt mit der Schnittstelle von Mensch und Computer. Diese technische Lösung sollte nach Möglichkeit den menschlichen Sinnesorganen angepasst sein, um eine umfassende Informationsübertragung zu ermöglichen. Die rasante technische Entwicklung der letzten Jahre bezüglich digitaler Präsentationsmethoden und verfügbarer Rechnerleistung ist die Grundlage für neuartige Benutzerschnittstellen und Übertragungsmöglichkeiten von raumbezogener Information.

Dieser Beitrag stellt eine Auswahl von aktuellen und zukünftigen – als Prototyp vorhandenen – Ausgabeschnittstellen gegenüber und vergleicht ihre Verwendung der Tiefenwahrnehmungparameter. Zunächst werden diese Parameter der visuellen und auditiven Tiefenwahrnehmung erläutert und der Begriff der 3D Kartografie in groben Zügen definiert.

## 2 3D KARTOGRAFIE – EIN THEMA DER DEFINITION

Die 3D Kartografie ist jener Bereich der Kartografie, der – sowohl im analogen als auch im digitalen Bereich – die echt dreidimensionalen kartografischen Darstellungen, die klassischen dreidimensionalen körperlichen und die kartenverwandten Darstellungen in ihrer Gesamtheit umfasst. [Bollmann et al 2002]

Nach der geometrischen Definition entsteht eine Karte als Senkrechtprojektion auf eine horizontale Fläche – ein Grundrissbild. Die kartenverwandten Darstellungen sind demnach durch eine andere Lage – meist schief angeordnet – der Projektionsebene im Raum charakterisiert. [Hake et al 2002] Diese Erklärung der kartenverwandten Darstellungen verwendet die Projektion der realen Welt auf eine zweidimensionale Ausgabebene. Sie kann daher nur den analogen und „Pseudo 3D“ (die Erläuterung dieses Begriffes folgt in den nächsten Absätzen) Bereich zusammenfassen und für diesen eine ausreichende Abgrenzung gegenüber anderen kartografischen Präsentationsformen in der Definition liefern.

Versucht man das aktuelle Spektrum des Fachbereichs Kartografie – erweitert mit den digitalen Möglichkeiten – hinsichtlich der Ausgabeform bzw. Präsentationsform zu erklären oder zu strukturieren, findet man mit den traditionellen geometrischen Definitionen keine ausreichende Lösungsmöglichkeit. Vielmehr verlagert sich die Aufgabe der Kartografie von der geometrischen Abbildung, Dokumentation und Archivierung von raumbezogenen Inhalten zu der effektiven Vermittlung von Informationen über raumbezogene Inhalte [Gartner 2002] – die Dokumentation und Archivierung der Inhalte erfolgt nunmehr in geografischen Informationssystemen (GIS), die diese Inhalte für unterschiedliche Präsentationsformen, Maßstäbe und Benutzergruppen, ohne Anwendung einer kartografischen Generalisierung oder Symbolisierung, verwalten und zur Verfügung stellen. Somit bildet der kartografische Kommunikationsprozess, der mitunter durch den Einsatz von Multimedia unterstützt wird [Cartwright et al 1999], eine mögliche Definitionsquelle.

Der kartografische Kommunikationsprozess wird durch die menschliche Wahrnehmung über unterschiedliche Sinnesorgane und eine anschließende Verarbeitung im Gehirn geprägt. So wird in der Multimediakartografie der Versuch unternommen, mittels verschiedener Übertragungsmodalitäten die raumbezogene Information effizienter zu präsentieren. Für die multimediale 3D Kartografie scheinen sich die Wahrnehmungparameter, die anschließenden psychologischen Prozesse und die Einwirkung des Erfahrungsstandes des Nutzers in diese Prozesse stärker auf das Ergebnis – der wahrgenommenen Realität – auszuwirken als in der

zweidimensionalen Kartografie. Von besonderer Bedeutung sind hier die Parameter für die Tiefenwahrnehmung (siehe Punkt3), die für die Bildung eines wahrgenommenen Raumes zuständig sind. Je mehr dieser Komponenten von einer Benutzerschnittstelle verwendet werden können, umso besser wird der wahrgenommene Raum in unserem Kopf abgebildet. [Albertz 1997]

Die verschiedenen Darstellungsweisen der 3D Kartografie werden grundsätzlich durch die Theorie der räumlichen Perzeption – des stereoskopischen Sehens –, die physikalischen Parameter des Displays und die grafische Semiologie geprägt. Sie ermöglichen eine Klassifizierung der 3D kartografischen Präsentationsformen in drei Teile: Pseudo 3D, Parallaxen 3D und Voll 3D.

Pseudo 3D bezeichnet die perspektiv-monoskopischen Visualisierungen kartografischer 3D Darstellungen auf einem flachen Medium – Papier oder Bildschirm. Diese, üblicherweise als kartografische 3D Darstellung bezeichneten, Präsentationen verwenden nur psychologische Tiefenwahrnehmungsparameter (siehe Punkt 3.1.2).

Bei Parallaxen 3D (P3D) Darstellungen werden ausgewählte bi- und monokulare psychologische und physiologische Tiefenparameter (depth cues) ausgenutzt. Im Wesentlichen umfassen P3D Bilder die Technologien der Chromostereoskopie, des Pulfrich Effekts, der Stereoskopie und der Multistereoskopie (z.B.: Lentikularlinsenverfahren auf Papierträger).

Darstellungen des Voll 3D setzen alle bi- und monokularen psychologischen und physiologischen „depth cues“ ein. Bei dieser Art von Raumbildern bestehen in allen Richtungen kontinuierliche Parallaxen Effekte. Die zwei vorrangigen Technologien der Herstellung sind „volumetric imaging“ – die volumetrische Bildherstellung mit „light emitting volume“- „rotating helix mirror“- oder rotating matrix display“- Verfahren – und die Holografie mit echten Hologrammen. [Bollmann et al 2002]

### 3 DIE TIEFENWAHRNEHMUNG IN MULTIMEDIALEN PRÄSENTATIONEN

Bewirkt eine kartografische Darstellung bei einem Nutzer einen echten dreidimensionalen, also räumlichen Eindruck, wird diese Abbildung als kartografisches Raumbild bezeichnet [Bollmann et al 2002]. In diese Definition fallen auch die körperlichen kartenverwandten Darstellungen, wie Globus, Reliefkarte oder Reliefmodell. Im Weiteren werden die analogen – körperlichen – Beispiele außer Acht gelassen und nur multimediale 3D kartografische Beispiele betrachtet.

Die multimedialen Präsentationen der 3D Kartografie werden durch die Charakteristiken des Begriffs Multimedia geprägt. Diese sind vor allem die computerbasierte Datenverarbeitung, Medienkombination, Multimodalität und Interaktivität [Dransch 2001]. Sie ermöglichen, je nach den technischen Voraussetzungen der Benutzerschnittstelle, eine umfassendere Informationsübertragung und Bedienung der menschlichen Sinneskanäle.

#### 3.1 Depth cues – die Tiefenwahrnehmungsparameter

Die visuellen Tiefenwahrnehmungsparameter werden in der Theorie des stereoskopischen Sehens festgelegt. Diese Parameter, „depth cues“ oder Anhaltspunkte für das räumliche Sehen, bestehen aus vier physiologischen und sechs psychologischen Komponenten. Die Physiologischen sind die retinale Parallaxe, Konvergenz, Akkomodation und Bewegungsparallaxe. Die Psychologischen umfassen die retinale Bildgröße, lineare Perspektive, Luftperspektive, Verdeckung, Beschattung und den Texturgradienten.

Im Sinn von Multimedia sollen die allgemeinen Parameter der Tiefenwahrnehmung um die auditiven Komponenten ergänzt werden. Diese werden für das räumliche „Sehen“ – die allgemeine Wahrnehmung des Raumes – oft nicht beachtet. Sehbehinderte Nutzergruppen zeigen jedoch die Wichtigkeit dieser Parameter und die Möglichkeit, den realen Raum nur mit dem Hörsinn zu erfahren.

##### 3.1.1 Die physiologischen Parameter

Die physiologischen Parameter beschreiben die menschliche „Technik“ der visuellen räumlichen Wahrnehmung. So wird die dreidimensionale Welt auf die flachen Sphären unserer Augen – der Netzhaut – abgebildet und davon wiederum der dreidimensionale Raum als Wahrnehmung abgeleitet.

Die retinale Parallaxe ermöglicht grundsätzlich das räumliche Sehen. Sie wird auch als Horizontalparallaxe bezeichnet und liegt in der von der Augenbasis gebildeten Ebene. Ein räumlicher Punkt wird in den Augen auf unterschiedlichen Positionen der Netzhaut projiziert. Die Differenz der Netzhautposition – die horizontale Parallaxe – ist das Maß der Entfernung. Das Verschmelzen beider Netzhautbilder zu einem Raumbild nennt man Stereoskopie – räumliches Sehen.

Die Akkomodation ist die „Scharfstellung“ des Auges auf verschiedene Entfernungen. Sie erreicht eine scharfe Abbildung auf der Netzhaut. Eine Entfernungsableitung aus der Akkomodation ist nicht möglich.

Die Konvergenz ist eng mit der Akkomodation verknüpft. Für nahe Objekte ist der Konvergenzwinkel der Sehachsen groß, für entfernte Objekte klein. Für sehr weit entfernte Punkte wird die Konvergenz gleich Null – die Sehachsen sind parallel. [Kraus 1994]

Die Bewegung im Raum ist für die räumliche Wahrnehmung unserer Umwelt von großer Bedeutung. Während einer Bewegung verschiebt sich jeder Punkt, den wir betrachten, auf unserer Netzhaut abhängig von seiner Entfernung und unserer Blickrichtung. Diese systematische Verschiebung nennt man Bewegungsparallaxe. Sie wird besonders beim Blick aus einem fahrenden Fahrzeug normal zur Fortbewegungsrichtung auffällig. [Albertz 1997]

##### 3.1.2 Die psychologischen Parameter

Unabhängig von der technischen Ausformung des Sehapparates unterstützen die psychologischen Parameter die Entstehung eines Raumbildes. Sie beeinflussen die Beziehungen zwischen Realität und wahrgenommenem Bild und verstärken so den räumlichen Eindruck.

Die retinale Bildgröße ist ein Maß für die Einschränkung des Sehfeldes. Das Sehfeld eines gesunden Menschen ist nur durch die Fläche der registrierenden Bildpunkte auf der Netzhaut begrenzt. Der Raum um das Individuum weist grundsätzlich keine Einschränkungen auf. Benutzerschnittstellen, die flächenmäßig begrenzt sind – vor allem bei Pseudo 3D Ansichten –, weisen diesen unterstützenden Parameter auf Grund der Sehfeldbegrenzung nicht auf.

Ein Objekt konstanter Größe wird mit abnehmender Entfernung immer größer wirken. Wegen der linearen Perspektive entsteht der Eindruck, dass weiter entfernte Objekte kleiner sind. Jedoch wird man nicht eine Größenänderung des Objektes annehmen, sondern diese durch die Entfernungsabhängigkeit mit dem perspektiven Einfluss in Zusammenhang bringen.

In einer Landschaft werden näher liegende Bereiche kontrastreicher als entferntere Bereiche wahrgenommen. Diese Eigenschaft hängt mit dem Dunstanteil der Atmosphäre zusammen. Weiters weisen die Farben aus physikalischen Gründen mit wachsender Entfernung immer mehr Blauanteile auf. Diese Effekte werden in der Wahrnehmungspsychologie als Luftperspektive zusammengefasst.

Der Effekt der Verdeckung erscheint zunächst als einer der primitivsten psychologischen Tiefenwahrnehmungsparameter. Bereits bei den Ägyptern wurde dieser Parameter für die Übertragung der Tiefeninformation eingesetzt. Objekte werden teilweise von näher liegenden verdeckt. Damit dieser Prozess wirksam werden kann, müssen Figuren für die einzelnen Objekte erkannt werden. Die Ergänzung von teilweise sichtbaren zu ganzheitlichen Objekten muss Bestandteil des Prozesses sein, um über die räumliche Verteilung Auskunft geben zu können.

Bei der Beschattung wirken die Einfallrichtung des Lichts, die geometrische Form des schattenwerfenden Objektes und die Form der beschatteten Oberfläche zusammen. Obwohl die Wahrnehmung die einzelnen Komponenten gemeinsam verarbeitet, setzen diese enthaltene Informationen voraus. So wird ein Schlagschatten nur richtig erkannt, wenn die Einfallrichtung des Lichts richtig interpretiert und die Form der Oberfläche richtig erkannt wird. Allgemein dient die Beschattung zur Erkennung von sonst nicht sichtbaren Objektformen.

Produziert eine Beleuchtungssituation keine Schlagschatten, sondern nur weiche Hell- Dunkel Übergänge, spricht man von einem Helligkeitsgradienten. Dieser ist eine Form des Texturgradienten, der die Wahrnehmung der Oberflächenform unterstützt. Auf der unebenen Fläche entstehen unterschiedliche Beleuchtungsstärken – je nach Einfallswinkel der Beleuchtung. Weitere Formen des Texturgradienten sind Größen- und Dichtegradienten, die durch den Vergleich gleichartiger Objekte oder gleichmäßiger Muster den räumlichen Eindruck unterstützen. [Albertz 1997]

### 3.1.3 Die auditiven Parameter

Ebenso wie die visuellen Parameter können die Auditiven den Raumeindruck verstärken und somit die Wirksamkeit der raumbezogenen Informationsübertragung erhöhen.

Die Lautstärke ist, ähnlich der Größe bei der visuellen Wahrnehmung, ein Indikator für die Entfernung der Tonquelle. Je näher eine konstante Tonquelle positioniert ist, umso lauter wird diese wahrgenommen.

Die Bewegungsparallaxe (Punkt 3.1.1) wird von der frequenzabhängigen Tonhöhe unterstützt. Den physikalischen Gesetzen des Dopplereffektes folgend, ist bei herannahenden Objekten eine Frequenzzunahme – eine Erhöhung des Tons –, bei sich entfernenden Objekten eine Frequenzabnahme – Vertiefung des Tons – wahrnehmbar.

Das Timbre eines Klangs beschreibt die Klarheit des Hörbaren. Dies kann kombiniert mit der Lautstärke ein Indikator für die Entfernung sein oder als selbstständige Größe die Ver- bzw. Abdeckung der Tonquelle signalisieren.

Abhängig von der Ausprägung der Benutzerschnittstelle im auditiven Bereich – „Sourround“- oder Stereo- „Sound“ – kann ergänzend die Position und Richtung der Tonquelle abgeschätzt werden.

Die aufgezählten Parameter der Tiefenwahrnehmung beschreiben nicht alle Möglichkeiten der räumlichen Erfassung. Tast- und Geruchssinn sind ebenso Bestandteil des Wahrnehmungsprozesses, können jedoch bisher aus technischer Sicht sehr schwer oder gar nicht nachgebildet und in eine Schnittstelle eingebaut werden. Hinsichtlich der ausgewählten Benutzerschnittstellen sollen die genannten Komponenten eine Differenzierung und Bewertung ermöglichen.

## 4 AUSGEWÄHLTE BENUTZERSCHNITTSTELLEN IM VERGLEICH

Die betrachteten Schnittstellen wurden nach ihrer möglichen Verwendung für eine multimediale 3D kartografische Anwendung ausgewählt. Sie unterscheiden sich durch die Möglichkeit, die verschiedenen Tiefenwahrnehmungsparameter für eine Informationsübertragung gezielt einzusetzen.

Neben weit verbreiteten Visualisierungstechniken, wie dem Computerbildschirm, wurden auch zukünftige – als Prototypen oder in Entwicklung befindliche – Technologien in den Vergleich eingebunden. Die Intention mancher dieser neuen Entwürfe ist, den virtuellen Raum greifbar und erlebbar zu machen. Andere versuchen erst gar nicht die Realität nachzubilden, sondern ergänzen diese mit virtuellen Objekten, Symbolen und Interpretationen.

Im Folgenden werden die fünf verschiedenen Ausgabeschnittstellen beschrieben, ihre Funktionsweise kurz erläutert und die Verwendung der Tiefenwahrnehmungsparameter zugeordnet.

### 4.1 Bildschirm mit Pseudo 3D

Die weit verbreitetste Benutzerschnittstelle zwischen Mensch und Computer ist das Computerdisplay. Hierbei werden die üblicherweise als kartografische 3D Darstellung oder 3D Anwendung bezeichneten, mit einer Anzahl von kommerziellen Software

Programmen herstellbaren, Visualisierungen auf einem flachen Display Medium realisiert. Die eingebundene Interaktivität wird nach der Visualisierung mit üblichen Eingabegeräten – Maus, Keyboard o.ä. – erwidert.



Abbildung 14: Cave (Quelle: Cruz-Neira et al 1993), Humphrey (Quelle: [www.aec.at](http://www.aec.at)), Sichtfeld einer Augmented Reality Anwendung (Quelle: [www.ims.tuwien.ac.at](http://www.ims.tuwien.ac.at))

Die dreidimensionalen Anwendungen des Pseudo 3D erfordern eine hohe Rechenleistung der Grafikkarte, da die Darstellung des Bildschirms „rahmenweise“ berechnet werden muss. Um einen fließenden, realen Eindruck zu vermitteln, müssen mindestens 15 Rahmen pro Sekunde des gewünschten Abbildes der virtuellen Welt dargestellt werden.

Grundsätzlich wird hier die physiologische Wahrnehmung und deren Parameter nicht für die Wahrnehmung des virtuellen Raumes verwendet. Der Raumeindruck wird hauptsächlich mit den psychologischen depth cues gebildet. Ein zusätzlicher Einsatz von Lautsprechersystemen ergänzt diese Technologie mit der auditiven Wahrnehmung.

## 4.2 Bildschirm mit Stereoskopie

Die Erweiterung von handelsüblichen Computerdisplays für stereoskopische Verfahren kann mit Software- und Hardwarelösungen erfolgen. Ziel ist die Erstellung von Parallaxen 3D Raumbildern, die mittels Autostereoskopie einen verbesserten Raumeindruck ermöglichen.

Beim Anaglyphenverfahren werden zwei Stereopartner simultan betrachtet. Die Aufspaltung der zur gleichen Zeit präsentierten Bilder erfolgt mit dem Einsatz von Filtern. Ein Stereopartner wird in Grün, der andere in Rot dargestellt. Durch das Vorsetzen entsprechend eingefärbter Filter vor die Augen erreicht man den stereoskopischen Effekt. Farbige Visualisierungen sind wegen der Filterung in diesem Verfahren nicht möglich.

In einer Variation werden an Stelle der Filter „Shutterglasses“ eingesetzt. Die Visualisierung am Bildschirm wird polarisiert. Eine, in der gleichen Taktfrequenz laufende, Polarisationsbrille lässt abwechselnd die Stereopartner für das jeweilige Auge hindurch und ermöglicht somit Autostereoskopie.

Die stereoskopischen Verfahren am Bildschirm bedienen sich der retinalen Parallaxe. Sie verwenden daher gegenüber den Pseudo 3D Darstellungen ausgewählte physiologische depth cues. Der Raumeindruck kann in diesem Fall durch die Verwendung der menschlichen Physiologie besser vermittelt werden. [Deering 1992]

## 4.3 CAVE

Die „CAVE“ wurde mit dem Ziel, ein brauchbares Werkzeug der wissenschaftlichen Visualisierung zu schaffen, entworfen. CAVE ist die Abkürzung für Computerbased Automatic Virtual Environment (computerbasierte automatische virtuelle Umgebung). Sie besteht aus einem Würfel mit einem Ausmaß von 3x3x3 Metern, der auf einer Seite zur Begehung offen ist. Die Wände des Würfels werden als Projektionsflächen mittels Rückprojektion benutzt, d.h. sie werden von außen angestrahlt. Durch das Ausmaß können mehrere Menschen gleichzeitig in die virtuelle Realität eintauchen.

Die Projektion des CAVE erfolgt mit stereoskopischen Verfahren. Der räumliche Eindruck wird über LCD Shutterglasses (Brillen mit Flüssigkristalldisplay) hergestellt. Mit einem Magnetfeldsensor kann die Position des Betrachters im Raum und seine Blickrichtung erfasst werden. Rechenstarke Computer erstellen dann 96 Mal pro Sekunde abwechselnd für das linke und rechte Auge eine immer perspektivisch richtige Darstellung der Computergrafik. Zusätzlich ist der Würfel mit einem Surround Sound System ausgestattet und unterstützt mit diesem die räumliche Wahrnehmung. [[www.aec.at](http://www.aec.at) 2004]

Der Einsatz der Stereoskopie bewirkt die Verwendung einiger physiologischer Parameter für die Tiefenwahrnehmung. Die Projektion auf mehreren Flächen um den Benutzer verursacht keine Einschränkung der retinalen Bildgröße. Das komplette Sehfeld wird für die Informationsübertragung ausgenutzt. [Cruz-Neira et al 1993]

## 4.4 Humphrey

Humphrey ist ein speziell konstruiertes Gerüst mit Force-Feedback-Apparaturen. Damit können physikalische Kräfte der virtuellen Welten mechanisch simuliert werden. Das Ziel ist, durch die Kombination von Virtual-Reality- und Force-Feedback-Technologien ein möglichst realistisches Gefühl von Schwerelosigkeit und der durch Flugbewegungen aufkommenden Fliehkräfte zu vermitteln.

Der Benutzer wird mit einem Pilotenoverall an einem Seilsystem befestigt, das mit pneumatischen Muskeln als Membran-Kontraktions-System auf dessen Bewegung reagieren kann. Ein „head mounted display“ – ein Datenhelm – mit stereografischer Visualisierung versorgt die visuellen, ein Kopfhörersystem die auditiven Sinne. Mittels intuitiver Bewegung der Arme wird die Fortbewegung durch die künstlich geschaffene Welt ermöglicht.

Die stereografische Berechnung der Darstellung im Datenhelm versorgt den Benutzer mit ausgewählten physiologischen Parametern. Die psychologischen Raumanhaltepunkte werden durch die entsprechende Programmierung der virtuellen Welt – wie bei den vorangegangenen Beispielen – berücksichtigt. Mit dem Tonsystem des Datenhelmes können auch die auditiven Parameter auf die Wahrnehmung Einfluss nehmen. [[www.aec.at](http://www.aec.at) 2004]

#### 4.5 Augmented Reality

In der „augmented reality“ wird die Realität mit virtuellen Objekten ergänzt. Es wird nicht der Versuch unternommen, eine künstliche Welt zu schaffen. Die Problematik der hohen Rechenleistung für die Berechnung einer detailgetreuen Nachbildung der Natur entfällt bei dieser technischen Lösung. Die Probleme entstehen hier bei der genauen Positionierung des Benutzers und der virtuellen Objekte in seinem Display.

Auch hier wird der Benutzer mit einem „head mounted display“ versehen. Dieses kann auch eine halbdurchlässige Brille sein, in dessen Glas die Informationen eingeblendet werden.

Eine Besonderheit des „augmented reality“- Verfahrens ist die Ortsgebundenheit, da die Realität nur ergänzt werden kann. Befindet sich der Benutzer nicht in dem gewünschten Gebiet, kann auch keine kartografische Interpretation und Symbolisierung – eine augmentierte Anwendung – erfolgen.

Nachdem die Realität direkt verwendet wird, unterstützt diese Technologie alle Parameter der menschlichen Raumerfassung. [[www.ims.tuwien.ac.at](http://www.ims.tuwien.ac.at) 2004]

#### 4.6 Gegenüberstellung der Schnittstellen

	Phys. 1	Phys. 2	Phys. 3	Phys. 4	Psych .1	Psych .2	Psych .3	Psych .4	Psych .5	Psych .6	Audit. 1	Audit. 2	Audit. 3
Bildschirm (Pseudo 3D)				ja		ja	ja	ja	ja	ja	ja*	ja*	ja*
Bildschrim (Stereoskopie)	ja			ja		ja	ja	ja	ja	ja	ja*	ja*	ja*
CAVE	ja	ja		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Humphrey	ja			ja	ja**	ja	ja	ja	ja	ja	ja*	ja*	ja*
Augmented Reality	ja	ja	ja	ja	ja**	ja	ja	ja	ja	ja	ja*	ja*	ja*

Erklärung der Tabelle – Die Schnittstelle kann zur Informationsübertragung folgende Parameter verwenden:

Phys.1...die retinale Parallaxe, Phys.2...Konvergenz, Phys.3...Akkommodation, Phys.4...Bewegungsparallaxe,

Psych.1...keine Einschränkung der Bildgröße, Psych.2...lineare Perspektive, Psych.3...Luftperspektive, Psych.4...Verdeckung, Psych.5...Beschattung, Psych.6...Texturgradienten,

Audit.1...Lautstärke, Audit.2...frequenzabhängige Tonhöhe, Audit.3...Timbre des Klangs

\*...mögliche Verwendung der Parameter bei entsprechender technischer Ausrüstung (Surround oder Stereo Sound), \*\*...je nach Art des Displays (Sehfeldeinschränkung).

### 5 RESÜMEE

Die aktuellen technischen Lösungen der Mensch-Computer-Interaktion zeigen die Notwendigkeit, die Beziehungen des realen Raumes mit dem wahrgenommenen Abbild im Kopf des Menschen genauer zu durchleuchten und in die technische Konzeption einfließen zu lassen. Der Wahrnehmungsprozess mit seiner Komplexität bestimmt einen Großteil des räumlichen Sehens und Verstehens. Die Kommunikationsmöglichkeit von raumbezogenen Inhalten sowie die Veranschaulichung von räumlich und zeitlich situierten Prozessen kann möglicherweise durch die Verwendung dieser Beziehungen gefördert werden.

Darüber hinaus macht sich über den Bereich der multimedialen 3D Kartografie ein Wechsel der wissenschaftlichen Grund-auffassung in der Kartografie bemerkbar – von den traditionellen Definitionen der Geometrie und Abbildungslehre zu den Grundsätzen des Kommunikationsprozesses und der Wahrnehmungspsychologie.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- [Albertz 1997] Albertz J.: Die dritte Dimension – Elemente der räumlichen Wahrnehmung; in Wahrnehmung und Wirklichkeit; Verlag der Freien Akademie; Berlin; 1997
- [Bollmann et al 2002] Bollmann J., Koch G.W., Lipinski A.: Lexikon der Kartografie; Spektrum Akademischer Verlag GmbH; Heidelberg, Berlin; 2002
- [Cartwright et al 1999] Cartwright W., Peterson M.P., Gartner G.: Multimedia Cartography; Springer Verlag; Berlin-Heidelberg-New York; 1999
- [Cruz-Neira et al 1993] Cruz-Neira C., Sandin J.D., DeFanti A.T.: Surround Screen Projection Based Virtual Reality: The design and implementation of the CAVE; Electronic Visualization Laboratory; University of Illinois at Chicago; USA; 1993
- [Deering 1992] Deering M.: High Resolution Virtual Reality; in Computer Graphics; Ausgabe 26; SIGGRAPH'92; Chicago; USA; 1992
- [Dransch 2001] Dransch D.: Stichwörter zur Multimedia Kartographie; in Bollmann; J&W Koch (Hrsg.); Lexikon der Kartographie und Geomatik; 2001
- [Gartner 2002] Gartner G.: Multimedia und Telekartographie, in den kartografischen Schriften, Band 6; herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V.; Kirschbaum Verlag; Bonn; 2002
- [Hake et al 2002] Hake G., Grünreich D., Meng L.: Kartographie – Visualisierung raum-zeitlicher Information; Walter de Gruyter; Berlin – New York; 2002
- [Kraus 1994] Kraus K.: Photogrammetrie; 5.Auflage; Ferdinand Dümmler's Verlag; Bonn; 1994
- [Krum et al 2001] Krum M.D., Omoteso O., Riborsky W., Starner T., Hodges F.L.: Speech and Gesture Multimodal Control of a Whole Earth 3D Visualization Environment; College of Computing; Georgia Institute of Technology; Atlanta; USA; 2001
- [Orasee 2003] Fa. ORASEE – lenticular lenses, Firmenhomepage: <http://www.orasee.com>; Besuch Jänner 2004
- [Shan 2003] Shan J.: Photogrammetric Principles for Lenticular Autostereoskopie Display; Paper Presentation bei NIMA Academic Research Programm Symposium; Chantilly; VA; 2003
- [Usery 2003] Usery E.L.: Autostereoscopy – Three dimensional visualization solution or myth?; U.S. Geological Survey; University of Georgia; 2003