

# Die Eignung dreidimensionaler Displaytechnologien zur Visualisierung von Geo-Multimedia Inhalten

Alexander SCHRATT, Andreas RIEDL

Institut für Geographie und Regionalforschung, Abteilung Kartographie und Geoinformation,  
Universitätsstr. 7, 1010 Wien, [alexander.schratt@univie.ac.at](mailto:alexander.schratt@univie.ac.at), [andreas.riedl@univie.ac.at](mailto:andreas.riedl@univie.ac.at)

## 1 EINLEITUNG

Der Mensch lebt in einem dreidimensionalen Universum und nimmt seine Umwelt auch räumlich wahr. Daher sind dreidimensionale Displaytechnologien insbesondere für Kartografie und Geoinformation interessant, denn die Visualisierung der Information kann hier aus der Perspektive des Nutzers erfolgen und ist nicht, wie bisher, dem räumlichen Vorstellungsvermögen des einzelnen überlassen. Damit diese Information aber so aufbereitet wird, dass dadurch auch eine leichtere Interpretierbarkeit gegenüber nicht-dreidimensionalen digitalen kartografischen Ausdrucksformen gewährleistet ist - was letztendlich auch einen Mehrwert für den Nutzer bedeuten würde - bedarf es einiges an Forschungsarbeit.

## 2 ARTEN VON 3D-DISPLAYS

Technologien, welche eine räumliche Darstellung erlauben, gliedern sich entsprechend ihrer Funktionsweise in folgende Kategorien:

### Virtuell-dreidimensionale Systeme (pixelbasierte Systeme)

Diese nutzen die Eigenschaft des menschlichen Gehirns, aus zwei perspektivisch leicht versetzten 2D-Abbildungen, die jeweils einem Auge vorgeschaltet werden, ein Raumbild als **dreidimensionale Illusion** zu erzeugen. Dazu werden gezählt:

- „Brille-plus-Bildschirm“-Systeme (z.B. Anaglyphenbrillen, Shutterbrillen, Systeme, die mit polarisiertem Licht arbeiten)
- Head-Mounted Displays (HMD)
- Autostereoskopische Displays (z.B. LCD-Displays mit Mehrfachansichten - Lentikulartechnik)

### Real-dreidimensionale Systeme (im wesentlichen voxelbasierte Systeme (Voxel = volumetrische Pixel))

Hier wird ein dreidimensionales Abbild als quasi real existierender Körper erzeugt; d.h. die dreidimensionale Ausdehnung der Visualisierung erfolgt tatsächlich im realen Raum, und der Betrachter kann „um diese herumgehen.“ Voxelbasierte Systeme sind daher auch immer autostereoskopisch und benötigen keinen zusätzlichen Sehbehelf. Hierzu sind z.B. **volumetrische** und **holographische Displays** zu zählen. Eine Sonderform real-dreidimensionaler Systeme sind **sphärische Displays**, die etwa bei taktilen Hypergloben und für Immersive Reality-Systeme (z.B. „Cybersphere“) eingesetzt werden (sind pixelbasierte Verfahren, jedoch mit realräumlicher (sphärischer) Ausdehnung der Displayoberfläche).

### 2.1 Virtuell-dreidimensionale Systeme

#### 2.1.1 „Brille-plus-Bildschirm“-Systeme

Das älteste und wohl auch bekannteste Verfahren zur stereoskopischen Betrachtung ist das **Anaglyphenverfahren**. Es wurde schon Mitte des 19. Jhdts entwickelt und stützt sich auf die Verwendung von Farbfiltern. Als Ausgangsbasis dient ein Stereobildpaar, wobei das linke Bild rot und das rechte Bild in der Komplementärfarbe Cyan (bzw. Blau oder Grün) eingefärbt wird. Die beiden Bilder werden dann überlagert und mittels Rot-Grün- bzw. Rot-Blau- (Cyan)-Brille betrachtet. Dadurch, dass auf Grund der Farbfilter das linke Auge nur die Bildanteile aus dem linken Bild und das rechte Auge nur die aus dem rechten Bild wahrnimmt, entsteht ein stereoskopischer Eindruck. Bei der digitalen Bildbearbeitung geht man so vor, dass zunächst aus dem linken Bild der Rot-Kanal extrahiert wird. Dann wird der Rot-Kanal des rechten Bildes gelöscht und jener aus dem linken Bild eingefügt. Der Vorteil dieser Methode ist die schnelle und einfache bzw. kostengünstige Erzeugung eines 3D-Eindrucks, jedoch ist eine realistische Farbdarstellung nicht möglich und die Augen ermüden schnell. Insgesamt wird der 3D-Eindruck als eher unnatürlich wahrgenommen.

Wesentlich fortschrittlicher ist da schon der Einsatz einer **Polarisationsbrille**. Hier wird von zwei Projektoren, deren Objektive so zueinander angeordnet sind, dass sie dem menschlichen Augenabstand entsprechen, jeweils ein um 90° unterschiedlich polarisiertes Bild ausgestrahlt. Eine Filterbrille sorgt dafür, dass wiederum nur das dem linken bzw. rechten Auge entsprechende Bild den Filter passieren kann. Bei diesem System kann der Betrachter das Bild bzw. den Film in Echtfarben sehen; nachteilig ist jedoch ein gewisser Verlust an Polarisation und dass bei dieser Technik gleich zwei (bei Filmen synchronisierte) Projektoren erforderlich sind (teuer!). Eingesetzt wird dieses Verfahren hauptsächlich in diversen Themenparks bzw. auch für IMAX-3D-Filme.

Die **Pulfrichbrille**, 1922 von Carl Pulfrich erfunden, nützt im Wesentlichen die Tatsache, dass das Gehirn länger braucht, um dunkle Szenen zu verarbeiten und hat deshalb unterschiedlich helle Filter für das linke und das rechte Auge. Sie ist, ähnlich der Anaglyphenbrille, sehr einfach herzustellen. Nachteilig ist die Tatsache, dass nur Bewegtbilder auf diese Weise stereoskopisch wahrgenommen werden können, weshalb das Verfahren auch für das Fernsehen von Zeit zu Zeit immer wieder genutzt wurde. Darüber hinaus wird diese Methode auch für spezielle 3D-Computermonitore eingesetzt.

Für das menschliche Auge erscheinen blaue Objekte tiefer als rote (Chromastereopsis). Die **ChromaDepth-Brille** bewirkt eine Separation der Spektralkomponenten, sodass bei Grün-Anteilen die Fokussierung optimal ist, während Rot weniger (längere Wellenlänge; die Linse ist konvexer und die Objekte erscheinen näher) und Blau mehr gebrochen wird (kürzere Wellenlänge; die

Linse ist weniger konvex und Objekte werden als weit weg empfunden). Von Nachteil ist auch hier, dass zur Erzeugung des 3D-Effekts auf eine Echtfarbenanstellung verzichtet werden muss.

Eine moderne, aber relativ aufwendige Technologie sind **Shutterbrillen**. Über einen Infrarot-Emitter wird die Shutterbrille mit dem Bildaufbau des Monitors synchronisiert; d.h. es wird abwechselnd das linke bzw. das rechte Auge abgedeckt (polarisierte Brille), sodass immer nur das „richtige“ Auge das entsprechende Teilbild zu sehen bekommt. Da der ständige Wechsel zwischen zwei leicht versetzter Ansichten effektiv die Bildrate halbiert, war dieses Verfahren noch bis vor kurzem ausschließlich Monitoren mit Bildröhre (CRT – Cathode Ray Tube) vorbehalten, da nur diese mit einer ausreichend hohen Bildwiederholfrequenz betrieben werden konnten (ab 120 Hz). Shutterbrillen sind bislang die einzige Möglichkeit, um stereoskopische 3D-Grafik auch auf einem herkömmlichen Monitor mit unverfälschten Farben darzustellen. Die Halbierung der effektiven Bildrate nimmt das Auge jedoch als störendes Flimmern wahr, sodass ein längerer Aufenthalt vor dem Bildschirm zur Ermüdung des Betrachters führt. Bekannt wurde diese Technik vor allem durch den Einsatz bei Computerspielen (z.B. Elsa 3D Revelator).

### 2.1.2 Head-Mounted Displays (HMD)

HMDs werden insbesondere für Virtual Reality- bzw. Augmented Reality-Systeme benötigt. Hier dient die Brille nicht nur der Erzeugung des stereoskopischen Effekts, sondern ist zugleich auch der Bildschirm. Über eine Spezialoptik vor jedem Auge erfolgt die gleichzeitige Projizierung zweier horizontal leicht versetzter Bilder. Der Vorteil dieser Displays ist die hohe Mobilität und das Eintauchen in die (virtuelle) stereoskopische Abbildung, da der Nutzer nicht durch sonstige optische Reize aus der realen Umgebung irritiert wird, sondern visuell nur das Abbild am Display wahrnimmt. Von Nachteil sind das relativ begrenzte Blickfeld, die (derzeit) noch zu geringe Auflösung der Displays, sowie die Tatsache, dass auch hier nach einer gewissen Zeit Ermüdungserscheinungen zu erwarten sind.

### 2.1.3 Autostereoskopische Displays

Wegen der Anwenderfreundlichkeit sind in Zukunft wohl eher jene Sichtgeräte interessant, die ohne Verwendung zusätzlicher Sehhilfen auskommen. Besonders das Segment der Autostereoskopischen Displays ist 2003/2004 von einer signifikanten Erweiterung der Produktpalette gekennzeichnet. Nahezu alle namhaften Displayhersteller brachten in diesem Zeitraum eine autostereoskopische Variante eines Monitors auf den Markt. Dabei wurden aus technologischer Sicht unterschiedliche Lösungsansätze realisiert, die unterschiedlichen Anforderungen genügen und jeweils ihre spezifischen Vor- und Nachteile aufweisen. Autostereoskopische Technologien im Bereich der virtuell-dreidimensionalen Systeme sind **Richtungsmultiplex-Verfahren**. Diese unterscheiden sich primär in der Technik der Bildtrennung. Folgende Gliederung der Richtungsmultiplex-Verfahren orientiert sich an Klaus SCHENKE und Siegmund PASTOOR [SCH-02] vom Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik in Berlin:

- **Beugungsbasierte Ansätze** (Linsenraster Displays – Lentikulartechnik, zwei Teilbilder, Pixelebene plus Linsenraster-Platte, drei Betrachtungszonen für ungestörte Stereowiedergabe, Einschränkungen: Ein-Personen-Display, Head-Tracker notwendig, Halbierung der horizontalen Auflösung, 60% der Helligkeit geht verloren, Barriere-Streifen sind sichtbar, Entwickler: Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik, Berlin bzw. A.C.T. Kern GmbH (Prototyp „Cabrio Screen“), Uni Kassel – IPM Institut)
- **Brechungsbasierte Ansätze** (LCD-Display mit Prismenmaske plus Feldlinse und Kollimator, Entwickler: TU Dresden (Dresden 3D))
- **Reflexionsbasierte Ansätze** (Retro-reflektives Verfahren – einfallendes Licht wird über Spiegelsystem in die ursprüngliche Richtung reflektiert, Vorteil: volle Auflösung, Einschränkungen: Ein-Personen-Display, Head-Tracker notwendig, Helligkeit auf 25% reduziert)
- **Parallaxenbasierte Ansätze**
  - „Einfache“ *Parallaxenbarriere* (nur ein Stereobildpaar, Vorteil: horizontale Auflösung wird im Vergleich zu Multiview-Parallax-Barrieren „nur“ halbiert, Einschränkungen: Ein-Personen-Display (nur im „Sweet Spot“ stereoskopisches Sehen möglich), Hersteller: z.B. Sanyo)
  - *Multiview-Parallax-Barrieren* (mehrere Teilbilder unterschiedlicher Perspektive werden horizontal nebeneinander angeordnet, wellenlängenselektives Filter-Array (WLSFA = drei Farbfilter für Rot, Grün und Blau) blockt je nach Betrachtungswinkel die Komplementärfarben der Subpixel jedes Teilbilds ab, üblich sind derzeit acht Bildpaare, möglich sind – je nach Displayauflösung – beim aktuellen Stand der Technik bis zu 24 Perspektiven, Vorteil: Mehr-Personen-Display, Mehrfachansichten- (Multiview-) Display, Einschränkungen: deutliche Verringerung der horizontalen Auflösung, Reduzierung der Helligkeit, starkes Übersprechen, Hersteller: Opticality Corp. bzw. X3D Technologies GmbH und div. Lizenznehmer (siehe Abb.1))
  - *Parallaxbeleuchtungstechnik* (ein spezielles Beleuchtungsraster befindet sich hinter den LCD-Zellen, Vorteil: umschaltbar zwischen 2D / 3D, Einschränkungen: Ein-Personen-Display („Sweet Spot“), Halbierung der horizontalen Auflösung, deutliche Helligkeitsverluste im 3D-Modus, Hersteller: DTI, Sharp)
  - *Moving-Slit Verfahren* (ein CRT-Monitor zeigt zeitsequentiell vollständige Bilder unterschiedlicher Perspektive (16 Perspektiven mal 60Hz = 960Hz), eine Feldlinse bildet den Schlitz in das Betrachterauge ab, über jede Schlitzposition werden n Streifenbilder dargestellt, die Streifenbilder korrespondieren über alle Schlitz, in einem Schlitz sieht man Teilbilder aus n Perspektiven, Entwickler: Holotron)

Am weitesten verbreitet sind derzeit **Parallaxenbarriere-** und **Linsenbasierte Systeme**, die zum Teil schon Serienreife erlangt haben und bei dem zu erwartenden Preisverfall für derartige Displays in den nächsten Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit den Markt erobern werden.

## 2.2 Real-dreidimensionale Systeme

Zu den Real-dreidimensionalen Systemen sind alle voxelbasierten Verfahren, das sind **elektro-holographische** und **volumetrische Verfahren**, sowie – als Sonderform – **sphärische Displays** zu zählen. Im Unterschied zu den voxelbasierten 3D-Sichtgeräten wird bei sphärischen Displays der 3D-Eindruck durch die Form des Sichtgerätes selbst wiedergegeben. Für voxelbasierte Verfahren kann folgende Kategorisierung vorgenommen werden (vergl. auch[SCH-02] ) :

- **Elektro-holographische Displays** (Laser-Scanner-Spiegel-System mit vertikalem Diffusor, Einschränkungen: monochrom, erforderliche Datenrate extrem hoch, nur computergenerierte Modelle darstellbar, Entwickler: MIT Media Lab)
- **Volumetrische Verfahren** (Einschränkung: Die dargestellten Objekte erscheinen transparent, da die Vordergrund-Voxel das Licht des Hintergrundes nicht absorbieren können)
  - *Vector-Scan-Verfahren* (Laserscanner, Doppelhelix aus weißbeschichtetem Kunststoff, 40 000 Voxel je Farbe, Entwickler: Uni Stuttgart)
  - *Raster-Scan-Methode* („Perspecta“: 200 radial versetzte Bilder, 768 x 768 Pixel, acht Farben, Bildfrequenz 20Hz, 90 Mio. Voxel (siehe Abb.3), Entwickler: Actuality Systems)

Zu den ersten Prototypen eines sphärischen Displays zählt das „**Fully Immersive Spherical Projection System**“ (auch als „Cybersphere“ bzw. als „SPIN“ (**Spherical Projection Interface**) bezeichnet (Abb. 2); Hersteller: VR Systems UK). Entwickelt wurde dieses in Verbindung mit Immersive Reality-Systemen zur Überwindung der begrenzten Bewegungsfreiheit (z.B. Reichweite des Head-Tracking-Systems). Kern dieses sphärischen Projektionssystems ist eine lichtdurchlässige Kugel (Durchmesser 3,5 m), welche in einer Vorrichtung gelagert ist, die eine Rotation der Kugel in allen Richtungen erlaubt. Der Betrachter gelangt über einen verschließbaren Einstieg in das Innere der Kugel und versetzt durch seine Bewegung die Kugel in Rotation. Dadurch, dass in der Kugel praktisch kein visueller Kontakt zur Außenwelt besteht, taucht der User gleichsam in die virtuelle Umgebung ein, die auf diese Kugel projiziert wird.

## 3 EINSATZMÖGLICHKEITEN IN KARTOGRAPHIE, GEOINFORMATION UND RAUMPLANUNG

Insbesondere mit Hilfe autostereoskopischer Displays mit Mehrfachansichten (z.B. der Firma X3D Technologies GmbH) ließen sich bestehende Vertreter virtueller Hypergloben, virtuelle Tellurien und Planetarien, aber auch virtuelle Blockbilder (etwa zur Visualisierung geologischer Schichten), Gelände-, Landschafts-, und Stadtmodelle, bis hin zu einzelnen Bauwerken, Denkmälern, usw. mit relativ geringem Aufwand und zu vergleichsweise geringen Kosten mit in hohem Maße realistischer optischer Raumdiefe realisieren. Dies könnte in manchen Fällen sogar die Anfertigung von realen Modellen, etwa im Bereich der Architektur und Stadtplanung, überflüssig machen; vor allem dann, wenn es darum geht, in möglichst kurzer Zeit ein räumliches Modell zur Verfügung zu haben bzw. mehrere Varianten eines Modells derselben Geometrie mit unterschiedlichen Texturen - etwa zu Vergleichszwecken - heranziehen zu können. Im Übrigen könnten dabei, verglichen mit der Anfertigung realer Modelle, Produktions- und Materialkosten gespart werden (auch auf Grund des geringeren Zeitaufwandes bei einer digitalen Realisierung). Neue Formate, wie z.B. X3D-OpenGL-Enhancer (steht nicht in Verbindung zum offenen Standard der 3D-Modellierungssprache X3D), bieten sogar die Möglichkeit, mit Hilfe des OpenGL-Grafikstandards digitale 3D-Modelle per User-Interface auf einem herkömmlichen Bildschirm interaktiv zu drehen und zu bewegen, während gleichzeitig mehrere Personen auf einem zweiten, mit wellenlängenselektivem Filterarray beschichteten TFT- oder Plasma-Display das Objekt aus unterschiedlichen Perspektiven stereoskopisch betrachten können, wie es ansonsten nur mit realen Modellen möglich ist. Die Firma X3D Technologies GmbH etwa gibt auf ihrer Webseite bekannt, dass unter Einsatz des OpenGL-Enhancers zahlreiche, weit verbreitete (Web3D-)Standards (wie z.B. VRML, Shockwave3D, ...) unterstützt werden. Interessant ist auch die Tatsache, dass mit Hilfe von Tools dieser Firma („X3D zWarper“) 2D-Bilder mittels Tiefenkarte in 3D-Ansichten konvertiert werden können (Nachteil: die Objekte erscheinen nicht plastisch, sondern eher wie Kulissen ohne räumliche Tiefe). Nichtsdestotrotz müsste es mit dieser Technik möglich sein, bildbasierte (fotografische) virtuelle Rundgänge auf der Basis interaktiver 360°-Panoramen und -Objekte (QTVR, iPIX, ...) für eine autostereoskopische Präsentation aufzubereiten.



Abb.1: Auf X3D-OpenGL-Enhancer basierende, interaktive autostereoskopische Applikation, links: herkömmliches Display mit User Interface, rechts: autostereoskopische Visualisierung mittels Multiview-Parallax-Barrieren ([www.4d-vision.de](http://www.4d-vision.de) bzw. [www.opticalitycorporation.com](http://www.opticalitycorporation.com))

Für den Bereich digitaler Globen sind besonders sphärische Displays von Bedeutung. Derartige Sichtgeräte sind Voraussetzung für die Realisierung von taktilem Hypergloben. Bei ihnen ist das Sichtgerät zugleich Globenkörper - ähnlich wie dies bei analogen Globen der Fall ist [RIE-04]. Beim „Fully Immersive Spherical Projection System“ („Cybersphere“), ebenfalls als sphärisches Display realisiert, befindet sich der Nutzer inmitten der Kugel; d.h. diese umgibt ihn von allen Seiten (Immersive Reality) und die Abbildung auf die Sphäre erfolgt von außen mit Hilfe von vier (fünf, bei einer zusätzlichen Projektion von oben) Projektoren. Um eine korrekte Geometrie bei der Abbildung auf die Kugeloberfläche sicherzustellen, müssen die zu projizierenden Bilder allerdings vorher entsprechend verzerrt werden. Mit einem derartigen System könnte etwa zu Simulationszwecken mit Sicherheit ein Maß an Realismus beim Begehen virtueller Landschaften erreicht werden, wie es sonst kaum möglich wäre. Allerdings erreichen derzeitige VR-Systeme beim Echtzeit-Rendering noch nicht das fotorealistische Niveau der diversen 3D-Modellierungs- und Animationssoftwarepakete. Es ist aber wohl nur noch eine Frage der Zeit, bis entsprechende Programme bzw. entsprechend leistungsstarke Supercomputer dafür zur Verfügung stehen. Ein Immersive Reality-System wie „Cybersphere“ scheint jedoch für den Massenmarkt einerseits zu kostspielig zu sein, andererseits wird dafür sehr viel Platz benötigt. So wird in absehbarer Zeit wohl eher im Bereich der kostengünstigeren Desktop-VR-Systeme ein Innovationsschub zu erwarten sein - ausgelöst durch den zu erwartenden Preisverfall bei autostereoskopischen TFT- und Plasma-Displays.

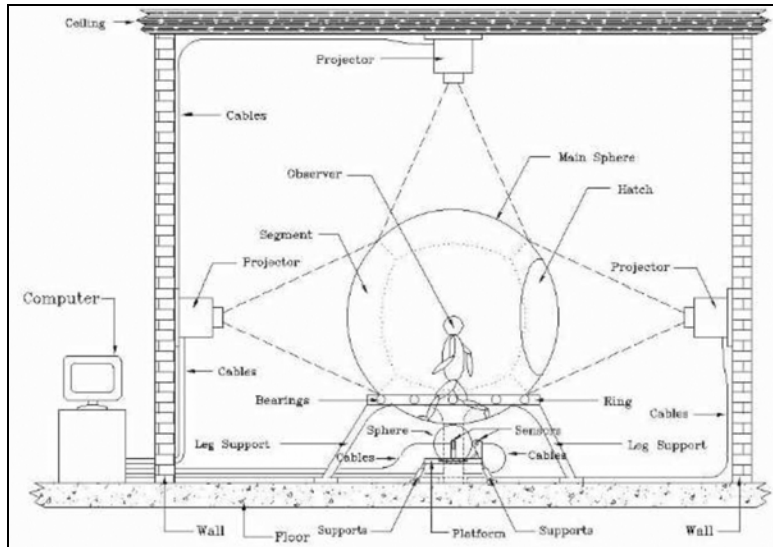


Abb.2: „Cybersphere“ - sphärisches Display für Immersive Reality Systeme ([www.vr-systems.ndtilda.co.uk](http://www.vr-systems.ndtilda.co.uk))

Die voxelbasierten real-dreidimensionalen Visualisierungssysteme sind die jüngste Entwicklungsstufe bei autostereoskopischen Displays. Es gibt bisher de facto nur diverse Prototypen volumetrischer bzw. holographischer Displays, die sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden. Deren Einsatz in den Geowissenschaften ist sicherlich ein langfristiges Ziel, zumal einzig bei dieser Form der Visualisierung die dargestellten Inhalte wie ein reales Modell, ohne dass dafür ein spezielles User-Interface bereitgestellt werden muss, interaktiv studiert werden können, indem der Betrachter einfach um das elektronische Objekt herumgehen kann. Gegenüber realen Modellen hätten diese den Vorteil, dass mit den vorhandenen Daten kurzfristige Aktualisierungszyklen bzw. Modifikationen des digitalen Modells mit relativ geringem Aufwand möglich wären. So könnte etwa ein volumetrisches Modell einer Landschaft über Internet quasi bearbeitet und geupdated werden bzw. könnten Wissenschaftler oder auch nur Interessenten, die sich nicht am selben Ort befinden, über das Web – so fern sie über ein entsprechendes Display mit Anschluss an das Internet verfügen – das realräumlich-dreidimensionale Modell unabhängig von ihrem Aufenthaltsort studieren. Das elektronische Modell braucht somit, im Gegensatz zu einem materiellen, nicht transportiert zu werden und man läuft auch nicht Gefahr, dass es beschädigt wird. Vor allem aber zur dreidimensionalen Visualisierung dynamischer Sachverhalte scheinen volumetrische bzw. holographische Displays besonders geeignet zu sein (z.B. räumliche Darstellung des An- und Abflugverkehrs im Nahbereich von Flughäfen). Das weltweit erste kommerzielle volumetrische Display in Form einer Kugel („Perspecta“) wurde bereits der Öffentlichkeit vorgestellt. Über ein System aus rotierenden Spiegeln bzw. über einen rotierenden Diffusorschirm werden 200 radial versetzte Bilder (768 x 768 Pixel, acht Farben, Bildfrequenz: 20Hz) zur Erzeugung von 90 Mio. Voxel genutzt. Als Anwendungsgebiete der Displays werden von der Firma medizinische, militärische und georäumliche Visualisierungen angeführt.



Abb.3: „Perspecta“ – erstes kommerzielles volumetrisches Display ([www.actuality-systems.com](http://www.actuality-systems.com))



Zusammenfassend können folgende Anforderungen an das „ultimate“ 3D-Display formuliert werden [SCH-02], [KAP-04]:

- Hohe Bildqualität (Orts- und Farbauflösung, Kontrast usw.)
- Autostereoskopisch und freier Blick von allen Seiten
- Multiview- / Multiuser- fähig
- Kein optisches Übersprechen
- Umschaltbar zwischen 2D und 3D
- Kompakte Bauform (Flachdisplay)
- preiswert

#### 4 AUSBLICK

Derzeit ist ein klarer Trend zu autostereoskopischen Lösungen zu beobachten. Die Vorteile derartiger Systeme sind vor allem darin zu sehen, dass einerseits das Betrachten der stereoskopischen Darstellung nicht wie bei den „Brille-plus-Bildschirm“-Systemen zur Ermüdung der Augen führt, was insbesondere bei einer langen Verweildauer vor dem Bildschirm wichtig ist (z.B. bei der fotogrammetrischen Auswertung eines Luftbildpaares) und dass andererseits bestimmte autostereoskopische Techniken es mehreren Personen gleichzeitig erlauben, den 3D-Effekt wahrzunehmen, weshalb solche Systeme sich auch hervorragend für Präsentationszwecke eignen würden. Man kann davon ausgehen, dass – wie so oft – zunächst vor allem für autostereoskopische Displays aufbereitete Computerspiele gleichsam als Pioniere auf den Markt drängen werden, um der ohnehin hart umkämpften Spiele-Branche einen neuen Impuls zu geben. Aktuelle Sichtgeräte verfügen allerdings noch nicht über eine entsprechende Auflösung, um den Betrachtungsabstand reduzieren zu können und den Verlust an horizontaler Auflösung, vor allem bei Systemen mit Mehrfachansichten, einigermaßen in Grenzen zu halten. Doch auch hier zeichnet sich bereits eine Lösung ab, da hochauflösende Displays zunehmend für den Normalverbraucher erschwinglich werden und derzeit die technologische Entwicklung insbesondere bei LCD / TFT-, Plasma- und DLP-Displays enorme Fortschritte macht. Ist einmal ein gewisser Verbreitungsgrad autostereoskopischer Displays erreicht, so werden sicherlich auch andere Anwendungsbereiche verstärkt darauf reagieren. Insbesondere jene Wissenschaften, bei denen der Raum bzw. die Visualisierung räumlicher Sachverhalte im Vordergrund steht (Geowissenschaften, Kartographie, Raumplanung, Astronomie, ...), könnten von einer derartigen Entwicklung enorm profitieren. Man stelle sich etwa vor, wie auf diese Art ganze Stadtmodelle in öffentlichen Gebäuden einem breiten Publikum stereoskopisch vorgeführt werden könnten. Ebenfalls ein enormes Potenzial können real-dreidimensionale Visualisierungssysteme aufweisen. Allerdings steckt hier die Entwicklung eher noch in den Kinderschuhen. Volumetrische und holographische Displays bergen für die Zukunft sicherlich ein enormes Potenzial als Präsentations- und Informationsmedium, da sie – so wie materielle Modelle – auch ohne Interaktionskomponente aus allen Richtungen studiert werden können, indem der Nutzer sich um die Visualisierungsform herum bewegt. Im Bereich der Geowissenschaften könnten außerdem globale Phänomene anhand von Hypergloben, die dann auch wirklich eine realräumliche Ausdehnung aufweisen würden, visualisiert werden.

#### 5 QUELLENVERZEICHNIS

- Derkau, S., Pradella, M.: Autostereoskopische Displays, Universität Weimar, 2004. [http://www.uni-weimar.de/~bimber/Pub/AR/TP5\\_Slides.pdf](http://www.uni-weimar.de/~bimber/Pub/AR/TP5_Slides.pdf) [DER-04]
- Hentschke, S.: Stufenkonzept eines positionsadaptiven autostereoskopischen Monitors PAM, Universität Kassel, IPM-Institut, 2002. [http://www.agc.fhg.de/agc/events/BestPractice/020516\\_Real\\_3D/Vortraege/Hentschke.pdf](http://www.agc.fhg.de/agc/events/BestPractice/020516_Real_3D/Vortraege/Hentschke.pdf) [HEN-02]
- Riedl A.: Entwicklung und aktueller Stand digitaler Globen. In: Kainz, W., Kriz, K., Riedl, A. (Hrsg.): Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit (=Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 16), Wien, 2004, 256 - 263 S. [RIE-04]
- Kapotis, N.: Stereoskopische Display Systeme, Technische Universität München, 2004. [http://www.ldv.ei.tum.de/media/files/hauptseminar/ss2004/B07\\_Stereoskopische%20Displays\\_Kapotis.pdf](http://www.ldv.ei.tum.de/media/files/hauptseminar/ss2004/B07_Stereoskopische%20Displays_Kapotis.pdf) [KAP-04]
- Schenke, K., Pastoor, S.: Autostereoskopische Displays: Grundlagen, Realisierungskonzepte, Anwendungen, Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH, 2002. [http://www.agc.fhg.de/agc/events/BestPractice/020516\\_Real\\_3D/Vortraege/Schenke\\_HHL.pdf](http://www.agc.fhg.de/agc/events/BestPractice/020516_Real_3D/Vortraege/Schenke_HHL.pdf) [SCH-02]
- Schmidt, A.: 4D-Vision – das brillenfreie 3D Bildschirmsystem, X3D Technologies GmbH (vormals 4D Vision GmbH) Jena, 2002. [http://www.agc.fhg.de/agc/events/BestPractice/020516\\_Real\\_3D/Vortraege/Schmidt.pdf](http://www.agc.fhg.de/agc/events/BestPractice/020516_Real_3D/Vortraege/Schmidt.pdf) [SCHM-02]

Display – Anbieter (Auswahl):

[www.vr-systems.ndtilda.co.uk](http://www.vr-systems.ndtilda.co.uk)  
[www.actuality-systems.com](http://www.actuality-systems.com)  
[www2.automation.siemens.com](http://www2.automation.siemens.com)  
[www.ddd.com](http://www.ddd.com)  
[www.sharp3d.com](http://www.sharp3d.com)  
[www.dti3d.com](http://www.dti3d.com)  
[www.actkern.info](http://www.actkern.info)  
[www.4d-vision.de](http://www.4d-vision.de)  
[www.opticalitycorporation.com](http://www.opticalitycorporation.com)  
[www.seethree.at](http://www.seethree.at)

VR Systems – Cybersphere  
 Actuality Systems – volumetrisches Display  
 Siemens – Multiview-Parallax-Barrieren Displays  
 Dynamic Digital Depth – Parallaxenbarriere Displays  
 Sharp - Parallaxbeleuchtungstechnik  
 Dimension Technologies Inc. - Parallaxbeleuchtungstechnik  
 A.C.T. Kern GmbH & Co. KG – Linsenraster Displays, Lenticulartechnik  
 X3D Technologies GmbH, Opticality Corp. - Multiview-Parallax-Barrieren Displays, X3D-Tools  
 Opticality Corp. - Multiview-Parallax-Barrieren Displays, X3D-Tools  
 SeeThree – diverse 3D-Displays, österreichischer Vertriebspartner für X3D Technologies