

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 96 (2005)
Heft: 23

Artikel: MPEG-4 : ein Standard für interaktives 3D-Multimedia
Autor: Smolic, Aljoscha / Kauff, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857881>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

MPEG-4 – Ein Standard für interaktives 3D-Multimedia

Von der komprimierten Musik bis zum 3D-Fernseher

MPEG-1 setzte Anfang der 90er-Jahre einen Standard zur Komprimierung von Musik und Videos, der sich weltweit durchsetzte – so ist MP3, heute das wichtigste Format für komprimierte Audiodateien, ein Teil von MPEG-1. Derzeit arbeitet dieselbe Arbeitsgruppe am Standard MPEG-4, der zusätzlich zur Komprimierung von Audio und Video interaktive 3D-Multimedien zur Verfügung stellt. Der Benutzer kann die Szene, die er sieht, interaktiv gestalten. 3D-Figuren werden mit natürlichen Videobildern überlagert. Daraus ergeben sich viel versprechende Anwendungen wie 3D-Video, Rundumvideo oder Free Viewpoint Video.

Um diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen und geeignete Standardformate zu definieren, begann MPEG mit der Arbeit an MPEG-4. Die erste Version von MPEG-4 wurde bereits Anfang 1999 internationaler Standard. Diese beinhaltet wiederum verbesserte Kompressionsverfahren für natürliches Audio und Video. In MPEG-4 werden aber auch weitere Medientypen wie die Computergraphik spezifiziert. Aktuelle Entwicklungen von MPEG-4 definieren die Formate für 3D-Video, Rundumvideo und Free Viewpoint Video, die in Zukunft das 3D-Fernsehen mit Tiefeneindruck sowie interaktive Navigation in natürlichen Szenen (freie Wahl von Standpunkt und Blickwinkel) ermöglichen werden [2].

Kompression von natürlichem Audio und Video

Die Moving Picture Experts Group, kurz MPEG, ist eine Arbeitsgruppe der internationalen Standardisierungsorganisation ISO/IEC¹⁾ und befasst sich mit der Entwicklung von Standards für die Codierung und Kompression von Multime-

diata. Moderne Mobiltelefone verfügen über enorme Rechen- und Speicherkapazitäten sowie leistungsfähige Graphik. Nicht nur natürliches Audio und Video, sondern auch Computergraphik und Text werden zu interaktiven Inhalten kombiniert, die den Begriff Multimedia definieren.

Die Wurzeln von MPEG liegen in der Kompression von natürlichem Audio und Video, also von Signalen, wie sie von Mikrofonen und Kameras geliefert werden. Auch MPEG-4 spezifiziert wiederum Formate hierzu, die gegenüber den Vorgängern (MPEG-2) eine höhere Effi-

Aljoscha Smolić, Peter Kauff

diaten. Die von MPEG verabschiedeten Standards haben bereits grosse Veränderungen in der Medientechnik bewirkt und damit weltweit die Wirtschaft und Gesellschaft beeinflusst [1]. Die ersten MPEG-Standards beziehen sich vor allem auf die Codierung von natürlichem Audio und Video: MPEG-1 wurde 1993 verabschiedet. Hieraus hat vor allem das als MP3 (genau: MPEG-1 Audio Layer 3) bekannte Format zur Codierung von Audio eine herausragende Bedeutung erlangt. Mit der Verabschiedung von MPEG-2 im Jahre 1995 ist dann auch digitales Video zu einem Massenartikel mit entsprechender wirtschaftlicher Bedeutung geworden. MPEG-2 bildet die Grundlage für DVD und DVB.

Gleichzeitig wachsen die Unterhaltungselektronik, Computertechnik, Telekommunikation und angrenzende Gebiete zusammen. So kann man heute mit einem Computer fernsehen oder mit einem Fernsehgerät im Internet surfen.

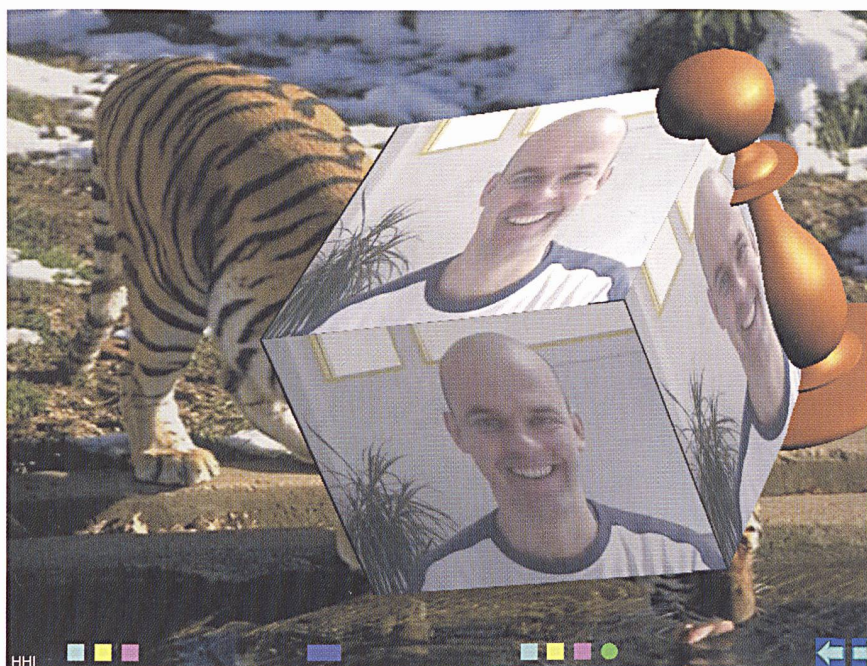


Bild 1 Beispiel einer gerenderten MPEG-4-Szene

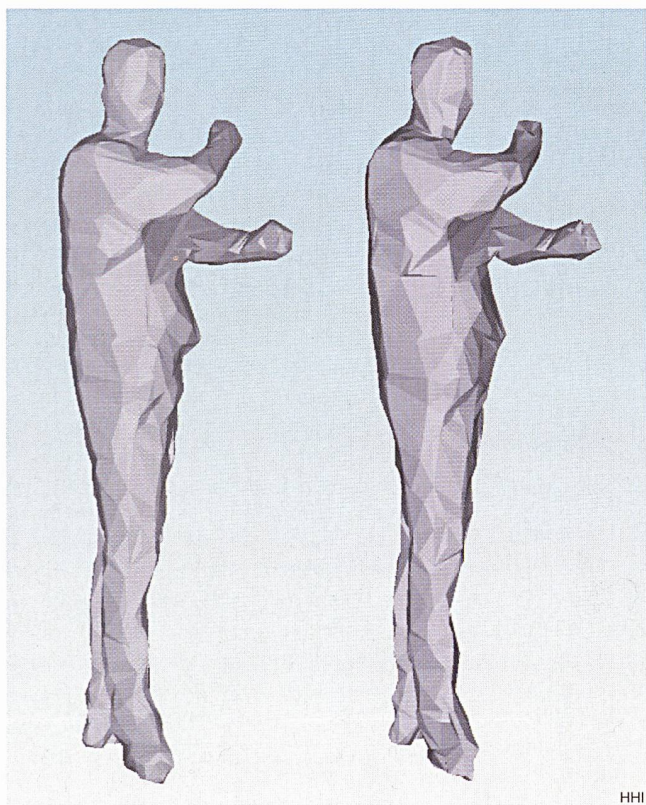


Bild 2 Kompression von Computergraphik mit MPEG-4, links Originalobjekt, rechts decodiertes Objekt bei 40facher Kompression

zienz aufweisen (d.h. gleiche Qualität bei geringerer Bitrate, bzw. bessere Qualität bei gleicher Bitrate) sowie erweiterte Funktionalitäten zur Verfügung stellen [1]. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf Video. Für Audio gibt es auch eine Reihe von Verbesserungen, die jedoch im Vergleich zu MPEG-2 keine so grosse Rolle spielen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die in der ersten Version von MPEG-4 spezifizierten Formate zur Kompression von Video eine etwa doppelte Effizienz (d.h. halbe Bitrate bei gleicher Qualität) gegenüber MPEG-2 aufweisen. Ausserdem kann Video mit einer verringerten zeitlichen und örtlichen Auflösung verarbeitet werden – also mit einer verringerten Bildwiederholfrequenz und einer kleineren Anzahl Pixel. Damit wird es möglich, Video mit sehr geringen Datenraten zu übertragen und zu speichern, was neue Anwendungen ermöglicht. Kaum eine digitale Fotokamera wird heute noch ohne die Funktionalität, Videos im MPEG-4 Format aufzunehmen, verkauft. Auch mehr und mehr Mobiltelefone bieten diese Funktion und damit auch die Möglichkeit zur Videotelefonie. Aber auch bei höheren Datenraten bietet MPEG-4 eine bessere Effizienz gegenüber MPEG-2. So erfreut sich zum Beispiel DivX, das auf MPEG-4 basiert, grosser Beliebtheit zur Speicherung von

Video auf CD. Auch im Internet sind mehr und mehr Video in MPEG-4 und abgeleiteten Formaten zu finden.

Die Forschung und Entwicklung zur Kompression von Video hat seit der Verabschiedung der ersten Version von MPEG-4 grosse Fortschritte gemacht. Dies führte schliesslich zur Verabschiedung eines neuen Teils von MPEG-4, bekannt unter dem Namen Advanced Video Coding (AVC) [3]. Die Spezifikation ist gemeinsam mit der ITU (International Telecommunications Union) erarbeitet worden, wo sie den Namen H.264 trägt. Meist wird dieser neue Standard daher als H.264/AVC bezeichnet. H.264/AVC bietet gegenüber der ersten Version eine um den Faktor zwei gesteigerte Effizienz und es kann erwartet werden, dass H.264/AVC in den nächsten Jahren MPEG-2 als wichtigstes Videoformat verdrängen wird. H.264/AVC eignet sich gleichermassen gut für geringste Bitraten als auch für höchste Qualität. Verschiedenste Anwender vom Mobiltelefonbereich (3GPP) bis hin zur nächsten Generation der DVD (high-definition DVD, Blue-Ray-Disc) haben die Verwendung von H.264/AVC bereits spezifiziert.

3D-Szenekonzept

Unterhaltungselektronik und Computertechnik wachsen unter dem Begriff

Multimedia mehr und mehr zusammen. Inhalte vereinigen verstärkt verschiedene Typen von Medien, und Anwendungen werden zunehmend interaktiv. Die Virtual Reality Modeling Language (VRML) ist ein ISO/IEC-Standard für 3D-Computergraphik. Er erlaubt die Definition von virtuellen 3D-Welten, in denen der Benutzer mit einem geeigneten Player frei navigieren kann, d.h. einen eigenen Blickwinkel und Standort wählen kann. Diese Funktionalität der freien Navigation ist auch aus Computerspielen bekannt. Es können 3D-Objekte mit Geometrie und Aussehen und Animationen definiert werden. Weiterhin stehen Lichtquellen oder Interaktionsmechanismen zur Verfügung.

Einige Elemente von MPEG-4 setzen auf diesem Konzept von VRML auf (d.h. MPEG-4 beinhaltet VRML) und erweitern es im Hinblick auf Multimedia [2]. In eine MPEG-4-3D-Szene kann natürliches Audio und Video integriert werden. Die MPEG-4-Szenenbeschreibungssprache BIFS eignet sich im Gegensatz zu VRML auch zur Echtzeitübertragung und Streaming und beinhaltet ein Timingkonzept, ohne das man kein natürliches Audio und Video verwenden könnte. Weiterhin beinhaltet MPEG-4 eine Reihe von neuen Graphikfunktionalitäten (Objekt- und Renderingformate) in einer kürzlich unter dem Namen Animation Framework eXtension (AFX) verabschiedeten Erweiterung.

Bild 1 veranschaulicht das 3D-Konzept von MPEG-4. Dargestellt ist eine für einen Zeitpunkt gerenderte MPEG-4-Szene. Sie beinhaltet mit Kameras aufgenommene und synthetische Elemente. Das Hintergrundbild ist ein Photo im JPEG-Format. Auf den Würfeln ist ein natürliches Video (Person) projiziert. Der Würfel selbst ist wie die Schachfigur ein 3D-Computergraphikobjekt. Der Benutzer kann mit diesen 3D-Objekten mittels Maussteuerung interagieren, d.h. verschieben, drehen, die Grösse oder die Form ändern sowie Transparenz anpassen usw. Am unteren Bildrand befinden sich hierzu Steuerelemente.

Ein weiterer Vorteil von MPEG-4 ist die Spezifikation von komprimierten Binärformaten sowohl für die Szenenbeschreibung als auch für die 3D-Objekte. Dies ist notwendig, da eine reine Textbeschreibung wie in VRML zu grossen Datenmengen führen kann. Bild 2 zeigt hierzu ein Beispiel. Links ist ein uncodiertes 3D-Objekt zu sehen. Rechts ist im Vergleich das gleiche Objekt nach 40-facher Kompression gezeigt. Offensichtlich treten durch die Kompression Artefakte auf, die 3D-Geometrie ist nicht gleich. Dennoch ergibt sich trotz der starken

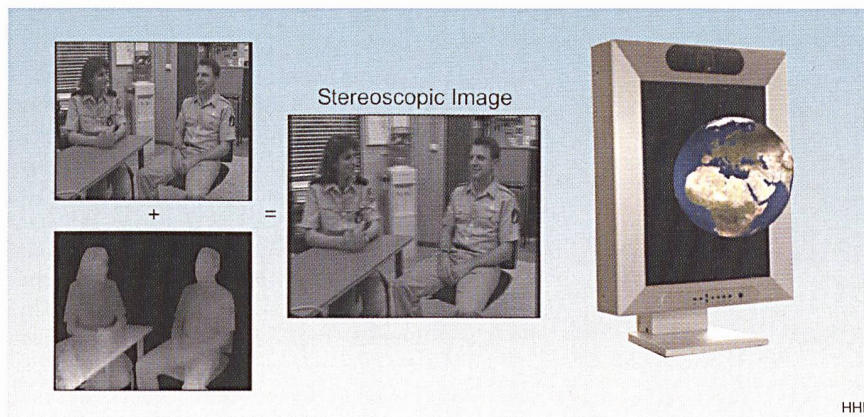


Bild 3 Erzeugung von Stereobildern aus einem Video und Tiefenkarte, autostereoskopisches Display

Kompression noch eine sehr gute Rekonstruktion der 3D-Geometrie.

Dieses interaktive 3D-Szenenkonzept, gemeinsam mit der Vielzahl verschiedener Objekttypen, die in eine solche 3D-Szene integriert werden können, machen MPEG-4 zu einem flexiblen und effizienten Standard für die Repräsentation, Codierung, Übertragung und Speicherung von Multimedia.

3D-Video

Neue Forschungsergebnisse haben in den letzten Jahren vor allem in den Bereichen Computergraphik und Computervision zur Entwicklung neuer Medienformate geführt. Beispiele hierfür sind 3D-Video, Rundumvideo und Free Viewpoint Video. An der Festlegung geeigneter Standardformate arbeitet MPEG in einer Arbeitsgruppe mit dem Namen 3DAV (für 3D Audio-Visual) [4].

Als 3D-Video oder auch Stereovideo bezeichnet man eine Form von Video, bei der dem Zuschauer ein 3D-Tiefeneindruck der Szene vermittelt wird. Bisher wird solches Material vor allem mit speziellen Systemen aufgenommen, die im Wesentlichen aus zwei Kameras bestehen, die vom Abstand her an die menschlichen Augen angepasst sind. Um den Tiefeneindruck zu erzeugen, muss der Zuschauer bei bisherigen Systemen spezielle Brillen benutzen. Solche Systeme sind bereits seit langer Zeit bekannt, jedoch beschränkt sich die Anwendung auf spezielle 3D-Kinos (IMAX) sowie professionelle Bereiche (z.B. Medizin, Militär). Einen breiten Massenmarkt hat 3D-Video bisher nicht erreicht.

Dies könnte sich mit der Entwicklung von autostereoskopischen Displays in den nächsten Jahren ändern. Bild 3 zeigt ein solches 3D-Display, bei dem keine Brille mehr notwendig ist, um einen 3D-

Eindruck zu erzeugen [5]. Vielmehr werden auf dem Display zwei Bilder gleichzeitig dargestellt und mittels eines Facettensystems einzeln auf das linke und rechte Auge des Betrachters gelenkt. Damit entsteht ein Tiefeneindruck. Weiterhin erlauben es neue Verfahren, die man als Image-based Rendering bezeichnet, ein Stereobildpaar aus einem Videobild und einer zugehörigen Tiefenkarte zu erzeugen [6]. Dies ist in Bild 3 veranschaulicht. Damit müssen nicht mehr wie bisher zwei Videos übertragen werden. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass solche Tiefenkarten auf Grund der spezifischen Signaleigenschaften extrem gut komprimiert werden können. Gegenüber der Übertragung von einem Video kommt durch Hinzufügen von Tiefen-

karten somit nur eine geringe zusätzliche Bitrate hinzu.

Damit wird es möglich, ein rückwärtskompatibles Konzept zur Einführung von 3D-TV zu entwickeln, wie es in Bild 4 veranschaulicht ist [7]. Die Grundlage bildet DVB mit einem herkömmlichen Video im MPEG-2-Format. Dieser Base Layer kann von jeder existierenden Set-Top-Box verarbeitet werden. Zusätzlich werden in Advanced Layers Tiefenkarten übertragen. Diese ermöglichen es einem Benutzer, der über eine erweiterte 3D-Set-Top-Box (mit Image-based-Rendring-Fähigkeit) verfügt, ein 3D-Signal zu erzeugen und auf einem 3D-Display darzustellen. Ein solches Format wird im Grunde schon von MPEG-4 unterstützt. Es sind nur geringfügige Ergänzungen zur Signalisierung notwendig. Diese werden zurzeit in MPEG 3DAV diskutiert. Gegebenenfalls wird dies die Grundlage für die Einführung von 3D-TV in den nächsten Jahren bilden.

Free Viewpoint Video

Free Viewpoint Video überträgt die Funktionalität der freien Navigation, wie man sie aus der Computergraphik kennt, auf reale, von Kameras aufgezeichnete Szenen [8]. Zur Aufzeichnung werden Multikamerasysteme verwendet, die eine reale Szene von verschiedenen Standpunkten und Blickwinkeln in zeitlich synchronisierter Form aufzeichnen. Die multiplen Videosignale werden mit Algorithmen aus der Computervision (z.B.

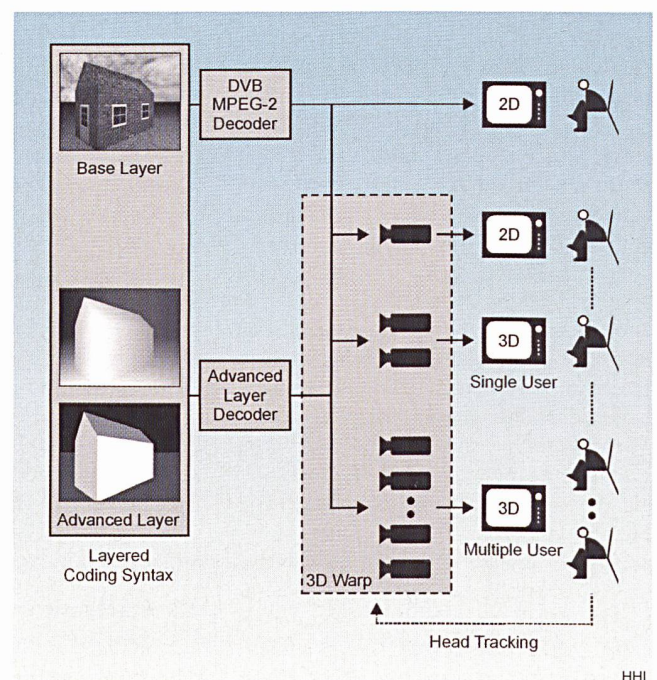


Bild 4 Konzept für die rückwärtskompatible Einführung von 3D-TV

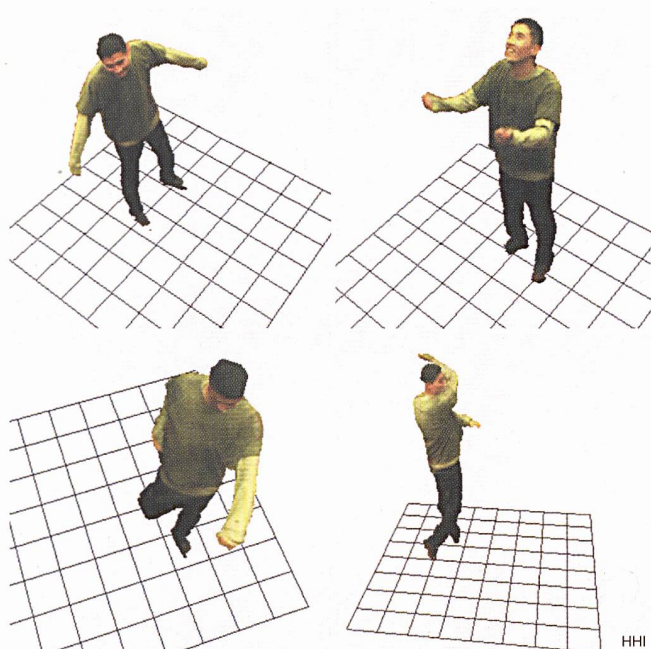


Bild 5 Free Viewpoint Video, virtuelle Kamerafahrt, vier verschiedene Standpunkte zu vier verschiedenen Zeitpunkten

Objektsegmentierung, Tiefenschätzung, 3D-Rekonstruktion) in eine Repräsentationsform überführt, die eine Erzeugung beliebiger Zwischenansichten erlaubt. Damit kann der Benutzer frei navigieren, d.h. in gewissen praktischen Grenzen jeden beliebigen Standpunkt und Blickwinkel auf die Szene einnehmen. Für Free Viewpoint Video sind verschiedene Repräsentationsformate bekannt, z.B. als 3D-Modelle mit projizierten Videotexturen (siehe Bild 2). Diese werden nach aktuellen Ergänzungen in AFX nun von MPEG-4 unterstützt. Bild 5 veranschaulicht die Funktionalität der freien Navigation mit Free Viewpoint Video. Die Person wurde mit 16 Kameras in ihrer natürlichen Bewegung aufgezeichnet. Die 3D-Geometrie wurde für jeden Zeitpunkt rekonstruiert. Gezeigt ist ein virtueller Kameraflug um das Objekt herum mit Zwischenansichten zu vier verschiedenen Zeitpunkten von vier verschiedenen virtuellen Standorten.

Rundumvideo

Rundumvideo stellt eine Erweiterung von statischen Panoramen oder Mosaiken auf bewegte Bilder dar, wie sie aus dem Internet bekannt sind. Dabei wird ein Rundumbild von bis zu $360^\circ \times 360^\circ$ von einem Standpunkt aus verwendet. Mit einem geeigneten Player kann man aus dieser Gesamtansicht in jede beliebige Richtung schauen. Für die Aufzeichnung von Rundumvideo werden spezielle Kamerasysteme verwendet, die Spiegel verwenden bzw. mehrere Kameras vereinigen und die einzelnen Bilder zu einem

Panorama zusammenfügen [4]. Ein solches Rundumvideo muss eine extrem hohe Auflösung haben, wenn jede einzelne Ansicht eine gute Qualität aufweisen soll. Zur effizienten Verarbeitung kann das Rundumvideo in einzelne Patches unterteilt werden, die getrennt codiert werden. Dies ist in Bild 6 veranschaulicht. Abhängig von der Blickrichtung, die der Benutzer aktuell auswählt, müssen dann nur die jeweils sichtbaren Patches verarbeitet werden [9]. Eine solche Repräsentationsform wird bereits von MPEG-4 unterstützt.

In Bild 7 ist das Prinzip von immersivem Rundumvideo veranschaulicht. Der Benutzer verwendet ein Head-Mounted-Display. Die Rotation des Kopfes wird vom System automatisch gemessen. Je nach Blickrichtung wird auf dem Display ein entsprechender Ausschnitt aus dem Rundumvideo dargestellt. Damit kann der Eindruck vermittelt werden, als stünde der Benutzer mitten in der Szene (d.h. immersiv).

3D-Video wird zum Massenmarkt

Interaktive Multimediadienste gewinnen zunehmend an Bedeutung und beeinflussen Wirtschaft und Gesellschaft. Vor diesem Hintergrund hat die MPEG-Gruppe der ISO/IEC eine Reihe an Standards zur Kompression von Multimediale Daten spezifiziert. Neben den klassischen Kompressionsstandards wie MPEG-1 und MPEG-2 zielt insbesondere der 1999 erstmals verabschiedete Standard MPEG-4 darauf ab, dass Multimedia heute mehr als nur die Übertragung audio-visueller Daten bedeutet. Darüber hinausgehende Funktionalitäten wie die Interaktion mit dem Szeneninhalt oder die Darstellung von 3D-Szenen erfreuen sich immer größerer Beliebtheit und setzen sich zunehmend auf dem Markt durch. Aus diesem Grund wird MPEG-4 ständig erweitert und an die Marktbedürfnisse angepasst. Neben einer Steigerung der eigentlichen Kompressionseffizienz durch die spätere Einführung von H.264/AVC betrifft dieser Anpassungsprozess insbesondere auch das Szenenkonzept von MPEG-4, das sowohl eine Nutzerinteraktion mit 3D-Szenen als auch die gemeinsame Verwendung von computergraphischen VRML-Objekten und natürlichen 3D-Video-Objekten unterstützt.

Die interaktive 3D-Darstellung von natürlichen Videobildern stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Bisher war 3D-Video ein Thema einiger weniger Nischenanwendungen. Mittlerweile zeichnet sich aber auch hier ein Massenmarkt ab. So spezifiziert die Arbeitsgruppe DC28.40 der SMPTE zurzeit einen Standard für das digitale 3D-Kino. Ein erster von den Firmen Dolby und Disney initiiert Feldversuch soll bereits im November 2005 in hundert US-amerikanischen Kinos gestartet werden. In Fernost gibt es im Zusammenhang mit der Einführung von DVB-H oder DMB (TV-Distribution für mobile Endgeräte)

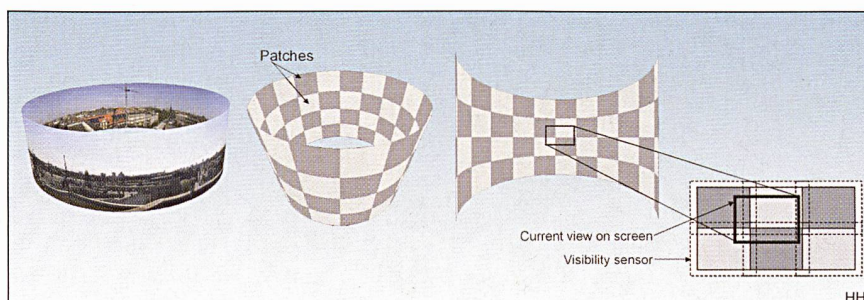


Bild 6 Effiziente Repräsentation von hochauflösendem Rundumvideo mit MPEG-4

MP3 – Ein Algorithmus erobert die Welt

Soirée Electrique am

24. November an der ETH Zürich

Vor zwanzig Jahren erarbeiteten Wissenschaftler die Grundlagen zu den heutigen Audiocodierstandards. Karlheinz Brandenburg gilt als der Vater von MP3 und führt in seinem Vortrag in die Codierung von Musik ein. Er zeigt den langen Weg von der Grundlagenforschung über die Politik von Standardgremien zur Frage, wie neue Technik in den Markt gebracht werden kann. Der Ausblick führt in die Zukunft der Musikindustrie und wirft einen Blick auf aktuelle Forschungsthemen.

Anmeldung:

www.electrosuisse.ch/v

Rubrik Veranstaltungen/

Soirée Electrique

Eintritt für Mitglieder Electrosuisse und Studenten gratis

Bestrebungen, 3D-Videos auf mobile autostereoskopische Terminals zu übertragen. Mit ersten Prototypen kann 2006 gerechnet werden. Ferner hat im September 2005 ein deutsch-amerikanisches Industriekonsortium (Grundig, 3D-IP, Newsight und Cobalt Entertainment) auf der Internationalen Funkausstellung (IFA) in Berlin erstmals die komplette Kette eines digitalen 3D-TV-Systems in HD-Auflösung und mit einem autostereoskopischen Endgerät vorgestellt. Die daran beteiligte deutsche Firma 3D-IP rechnet für das Jahr 2007 mit einer

Markteinführung eines solchen 3D-TV-Systems [10].

Danksagung

Die Autoren danken einer Reihe von Mitarbeitern des Fraunhofer HHI auf deren Arbeiten die Bilder in diesem Artikel basieren: C. Fehn, K. Müller, P. Merkle, M. Kautzner, K. Schueuer, S. Heymann, C. Grünheit, T. Selinger, Y. Guo, J. Güther, P. Eisert, T. Wiegand.

Referenzen

- [1] A. Smolic, and T. Sikora: Coding and Standardization, in O. Schreer, P. Kauff, and T. Sikora (Editors): 3D Video Communication, Wiley, 2005
- [2] A. Smolic, and P. Kauff: Interactive 3D Video Representation and Coding Technologies, Proceedings of the IEEE, Special Issue on Advances in Video Coding and Delivery, vol. 93, no. 1, Jan. 2005
- [3] ITU-T Recommendation H.264 & ISO/IEC 14496-10 AVC: Advanced Video Coding for Generic Audio-Visual Services, 2003
- [4] A. Smolic, and D. McCutchen: 3DAV Exploration of Video-Based Rendering Technology in MPEG, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 14, No. 3, pp. 348-356, March 2004
- [5] S. Pastoor: 3D Displays, in O. Schreer, P. Kauff, and T. Sikora (Editors): 3D Video Communication, Wiley, 2005
- [6] C. Fehn: 3D TV Broadcasting, in O. Schreer, P. Kauff, and T. Sikora (Editors): 3D Video Communication, Wiley, 2005
- [7] C. Fehn, P. Kauff, M. Op de Beeck, F. Ernst, W. Ijsselstein, M. Pollefeys, L. Vangool, E. Ofek, and I. Sexton: An Evolutionary and Optimised Approach on 3D-TV, Proc. of IBC 2002, Int. Broadcast Convention, Amsterdam, Netherlands, Sept. 2002
- [8] K. Mueller, A. Smolic, P. Merkle, M. Kautzner, and T. Wiegand: Coding of 3D Meshes and Video Textures for 3D Video Objects, Proc. PCS 2004, Picture Coding Symposium, San Francisco, CA, USA, December 15-17, 2004
- [9] C. Grünheit, A. Smolic, and T. Wiegand: Efficient Representation and Interactive Streaming of High-Resolution Panoramic Views, Proc. ICIP2002, IEEE International Conference on Image Processing, Rochester, NY, USA, September 22-25, 2002

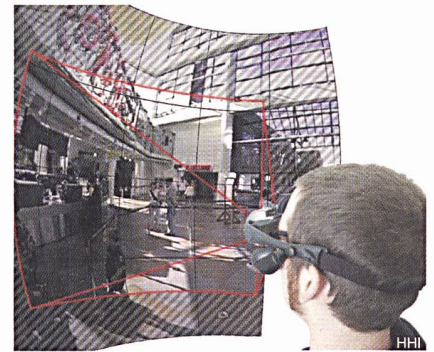


Bild 7 Immersives Rundumvideo auf Head-Mounted-Display

[10] 3D-IP & Cobalt Entertainment: Three-Dimensional Real-Time HD-TV: An Overview, White Paper, www.3d-ip.com, September 2005

Angaben zu den Autoren

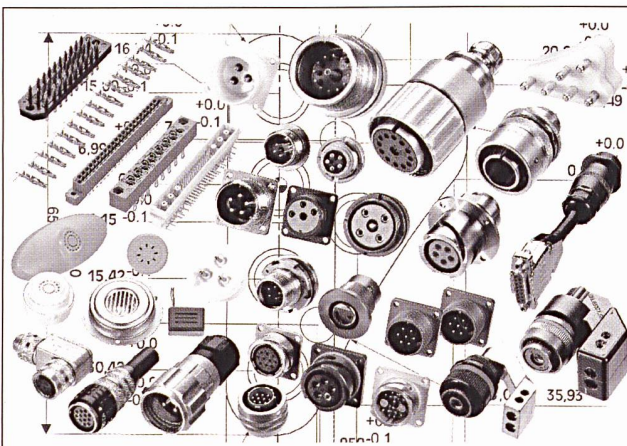
Dr. **Aljoscha Smolic** ist seit 1995 am Fraunhofer HHI beschäftigt und seit 2001 Projektleiter. Seine Forschung umfasst 3D-Video, Computervision und Computergraphik. Er leitet die 3DAV-Arbeitsgruppe in MPEG und ist Dozent an der Technischen Universität Berlin.

Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik – Heinrich-Hertz-Institut, D-10587 Berlin, smolic@hhi.de

Peter Kauff leitet die Gruppe Immersive Media & 3D Video in der Abteilung Bildsignalverarbeitung am Heinrich-Hertz-Institut (HHI) der Fraunhofer Gesellschaft. Er arbeitet seit 1984 am HHI und war seitdem in diverse Projekte über HDTV, MPEG, 3D-Video, Telepräsenz und immersive Systeme involviert. Dabei arbeitete er für verschiedene europäische Forschungsprojekte wie EUREKA 95, RACE-FLASH, ACTS-HAMLET, COST211ter&quad, ESPRIT-NEMESIS, IST-VIRTUE, IST-ATTEST, IST-WORLDScreen sowie der PRESENCE-Arbeitsgruppe bei IST-FET. Hinzu kommen eine Reihe an nationalen Verbund- und Industrieprojekten.

Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik – Heinrich-Hertz-Institut, D-10587 Berlin, kauff@hhi.de

¹ ISO/IEC JTC1/SC29/WG11



EMCT EHRENSPERGER ELECTRONICS
SA Swiss-ConnTec.ch

POSTFACH 241, GRUBENSTR. 7
CH-3322 SCHÖNBÜHL/BERN TELEFON +41 (0)31 859 34 94
E-MAIL: Info@emct.ch TELEFAX +41 (0)31 859 20 17

Steckverbinder, MIL-C & Eigenfabrikation

Alarm / Schallgeber Steckverbinder Relais
Ringkerntransformatoren Kabel & Zubehör Elektromagnete

Piezo-Schallgeber Electronic-Summer

EMCT, Swiss made, high quality buzzers and access to worldwide connector technology.

24 HRS. Information & Service

W3.emct.ch