

Technologien für das 3D-Kino

3D kommt – in den USA können 3D-Filme schon in weit über 900 3D-fähigen Kinos erlebt werden.

Auch Europa zieht nach. Für den Zuschauer ist das Erleben eines dreidimensionalen Filmes in allen Kinos ähnlich – dennoch stecken die unterschiedlichsten Projektionstechniken mit ebenso unterschiedlichen Vor- und Nachteilen dahinter. Welche Technologien für 3D-Kinos auf dem Markt existieren und wie diese funktionieren, verrät 3D-Spezialist Florian Maier im zweiten Teil unserer Serie zur Stereoskopischen Filmproduktion.

Im Augenblick gibt es in Deutschland 22 Kinos, die digitale 3D-Filme nach dem DCI-Standard zeigen können. In Österreich sind es elf und in der Schweiz erst drei Kinos. Aber die Tendenz ist steigend. Vergleicht man die Zahlen mit den USA, so merkt man, dass jenseits des Atlantik 3D schon längere Zeit ein Thema ist. Dort sind bereits über 900 Kinos mit dreidimensionaler Projektionstechnik ausgestattet. Wenn es nach Joshua Greer, CEO von RealD geht, so soll es im Mai 2009 bereits über 5000 3D-fähige Kinosäle in den USA geben. Ein ehrgeiziges Unterfangen. Aber an den Inhalten wird bereits fleißig gearbeitet. So sind bzw. waren derzeit über 15 große 3D-Filme in Produktion, die 2008/2009 erscheinen sollen bzw. teilweise bereits erschienen sind. Darunter befinden sich Realfilme wie der kürzlich erschienene Film »Journey to the Center of the Earth« oder der für Ende 2009 angekündigte Science-Fiction-Film »Avatar« von James Cameron. Auch computeranimierte Filme wie »Ice Age 3« oder die dreidimensionale Neuauflage von »Toy Story« sollen für klingelnde Kassen sorgen.

Um diese 3D-Filme auch dreidimensional darstellen zu können, sind stereoskopische Projektions- bzw.



3D-PR-Hai

© IMAX

Darstellungstechniken notwendig. Dabei ist eine bestimmte Technologie nicht automatisch für alle Anwendungsfälle gleich gut geeignet. Welche Unterschiede es in der Funktionsweise gibt und wo diese Technologien jeweils am besten angewendet werden, beschreibt der folgende Artikel.

Das Grundprinzip ist überall das Gleiche: Vereinfacht gesagt muss dem linken Auge das Bild der linken Kamera, dem rechten Auge das Bild der rechten Kamera zugeführt werden (Abb.1). Die einfachste Möglichkeit wäre nun, jedem Auge einen eigenen kleinen Monitor vorzusetzen. In der Tat gibt es solche Technologien, auch als Videobrillen oder HMD (Head Mounted Displays) bekannt. Für eine 3D-Vorführung mit mehreren Betrachtern eignet sich dieses Verfahren allerdings kaum – denn wer möchte schon, wenn er ins Kino geht, sich in einen Raum mit vielen Stühlen ohne Leinwand setzen und sich den 3D-Film auf seiner eigenen Videobrille ansehen?

Das Gemeinschaftserlebnis wird dabei wohl auf der Strecke bleiben. Hier müssen andere Verfahren verwendet werden, die das originale »Kinofeeling« bestmöglich beibehalten. Da für eine dreidimensionale Betrachtung immer die beiden Perspektiven (also der

Kanal für das rechte und der Kanal für das linke Auge) mehr oder minder zeitgleich von den jeweiligen Augen des Betrachters wahrnehmbar sein müssen, führt kein Weg daran vorbei, beide Bilder physikalisch auf der gleichen Projektions- oder Displayfläche übereinander abzubilden. Damit die Augen des Betrachters nur den dem jeweiligen Auge zugeordneten Kanal wahrnehmen können und nicht beide Kanäle gleichzeitig sehen, muss eine »Kodierung« angewendet werden. Diese Kodierung kann zum Beispiel durch Farbe (Anaglyphentechnik) oder Zeitmultiplex (Shuttertechnik) erfolgen. Würde diese Kodierung nicht erfolgen, würde man beide Bilder überlagert wahrnehmen – also Doppelbilder sehen.

Die derzeit in den 3D-Kinos verwendeten Technologien benötigen bis auf ein paar wenige Ausnahmen alle zum Betrachten eine spezielle Brille. Diese sind die einfachsten, im Moment hochwertigsten und auch insbesondere beim 3D-Kino die am weitesten verbreiteten Technologien.

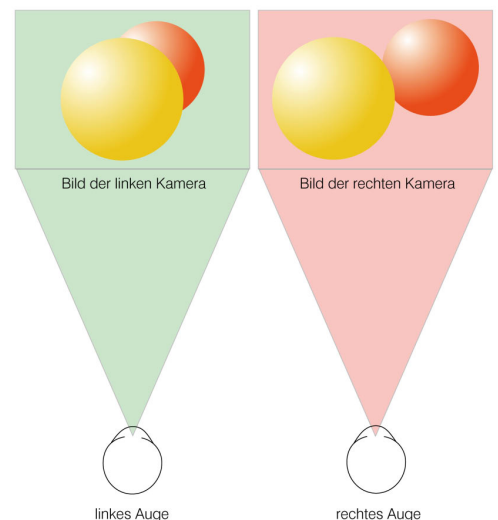
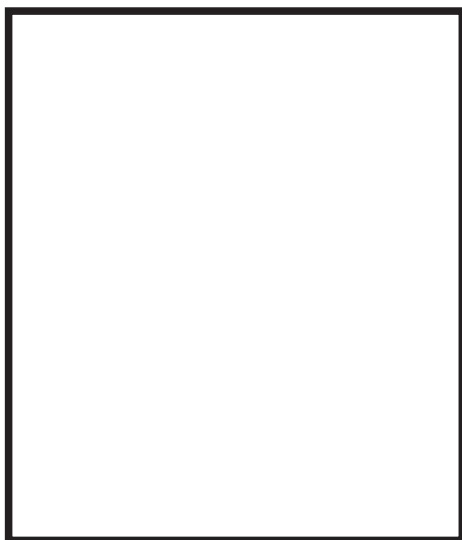


Abb.1: Das Grundprinzip ist überall gleich: Dem linken Auge muss der linke Bildkanal zugeordnet werden, dem rechten der rechte. © Florian Maier



Anaglyphentechnik

Die wohl bekannteste aber qualitativ am wenigsten zufrieden stellende Technik ist die so genannte Anaglyphentechnik (griech. aná glyphikós: erhabenes Relief), auch unter dem Begriff Rot-Grün-Technik bekannt. Diese wird zwar aktuell nicht mehr in den 3D-Kinos genutzt, soll aber dennoch hier genannt werden. Hier wird die Kodierung über die Farbe vorgenommen, was zur Folge hat, dass diese nicht mehr für den gewohnten Farbeindruck zur Verfügung steht, also ein quasi farbloses Bild entsteht. Um die Anaglyphentechnik anwenden zu können, muss ein Bildkanal z.B. in rot und der andere Bildkanal in grün (besser ist die Komplementärfarbe Cyan) verarbeitet werden. Die beiden Bildkanäle werden anschließend auf einer einzigen Projektions- oder Bildschirmfläche überlagert. Trägt der Betrachter eine entsprechend eingefärbte Rot-Grün-Brille, so kann er die beiden in einem einzigen Bild dargestellten Bildkanäle wieder trennen. Dies geschieht wellenlängenabhängig. Der rote Filter lässt ausschließlich rotes Licht passieren (dieses erscheint dann hell – grüne Bildteile erscheinen als dunkel), wobei der grüne Filter nur grünes Licht in analoger Weise passieren lässt (Abb. 2).

Diese Technik wurde in den 50er Jahren einige Male benutzt. Auch heute ist sie aufgrund der einfachen Erzeugung sowohl im Hobbybereich als auch im Profibereich überall dort zu finden, wo auf her-

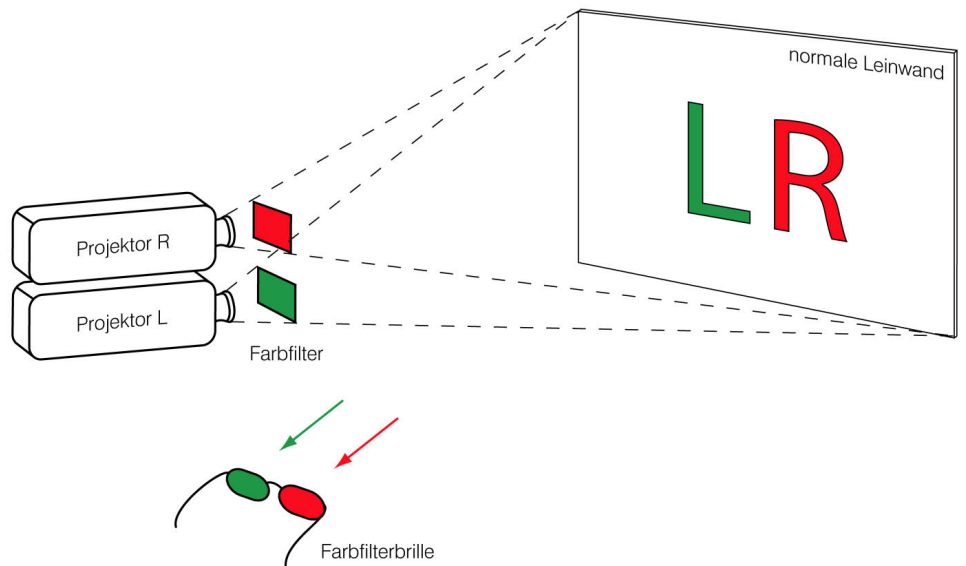


Abb.2: Prinzip der Anaglyphentechnik: die Trennung der stereoskopischen Halbbilder wird mit komplementären Farbfilterfolien vorgenommen. © Florian Maier

kömmlichen 2D-Displays schnell und einfach, wenn auch qualitativ nicht hochwertig, dreidimensionale Inhalte dargestellt werden sollen.

Ein sehr großes Problem bei der Anaglyphentechnik ist die schlechte Kanaltrennung (Ghosting), die

durch unvollständige Bildtrennung durch die Farbfilter der Brille verursacht werden. Dies ist für die Fusion der Teilbilder mitunter hinderlich und erzeugt auf lange Sicht beim Betrachter Unbehagen bis hin zu Kopfschmerzen.

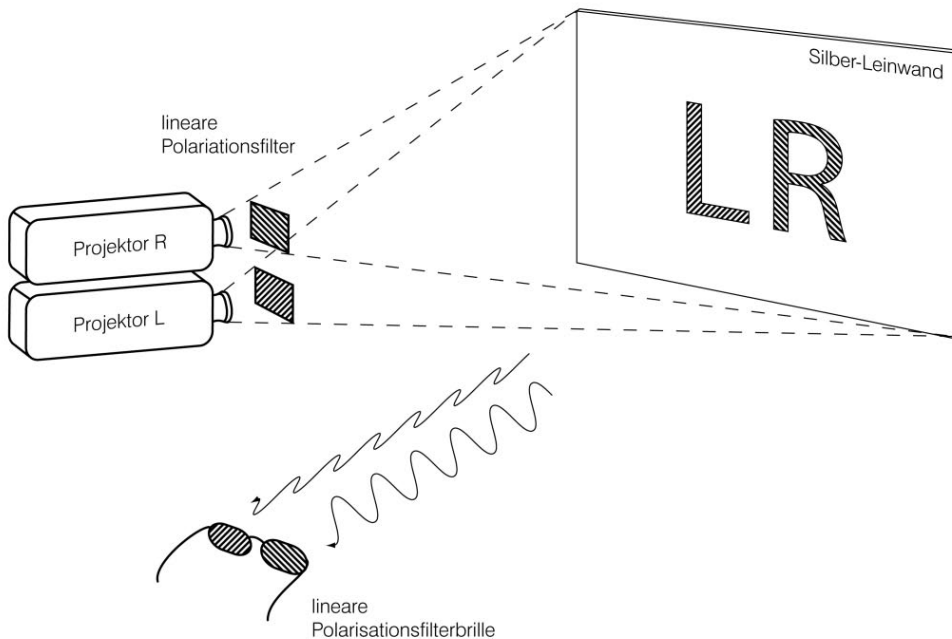


Abb. 3: Lineare Polarisationstechnik: die Trennung der stereoskopischen Halbbilder wird durch Polarisationsfilter vorgenommen, deren Polarisations Ebenen senkrecht zueinander stehen. © Florian Maier

Polarisationstechnik

Die Polarisationstechnik, die bereits auf der Weltausstellung 1939 in New York für einen 3D-Film erstmalig verwendet wurde, wurde spätestens durch IMAX 3D seit den 80er Jahren populär. Bei dieser Technik wird die Kodierung durch polarisiertes Licht vorgenommen.

Linear polarisiertes Licht hat die Eigenschaft, nur in einer Ebene zu schwingen. Dies kann man sich für eine 3D-Projektion mit zwei Projektoren zu nutze machen. Polarisiert man das Licht des linken Bildkanals so, dass es in einer Ebene senkrecht zur Ebene des rechten Bildkanals schwingt, so kann man beide Bildkanäle überlagern und anschließend wieder trennen, ohne dass sie sich gegenseitig stören. Dies wird erreicht, indem Polarisationsfilterfolien mit jeweils

unterschiedlicher Polarisationsrichtung vor die Objektive der Projektoren montiert werden. Werden nun die beiden auf der Projektionsfläche überlagerten Bilder durch jeweils analog ausgerichtete Polarisationsfilter einer Polfilterbrille angesehen, so können beide Bildkanäle wieder sauber voneinander getrennt werden. Dies geschieht dadurch, dass der linke Kanal nur durch das linke Brillenglas sichtbar ist – für das rechte Brillenglas gesperrt – und der rechte Kanal nur durch das rechte Brillenglas sichtbar ist – für das linke Brillenglas gesperrt. Die Sperrung kommt durch die zueinander senkrechte Anordnung der Polarisationsfilterfolien zustande (Abb. 3). Bei einer Projektion ist es wichtig, dass eine so genannte Silberleinwand zum Einsatz kommt. Silberleinwände sind metallisch beschichtete Leinwände, die die Polarisationsebene von

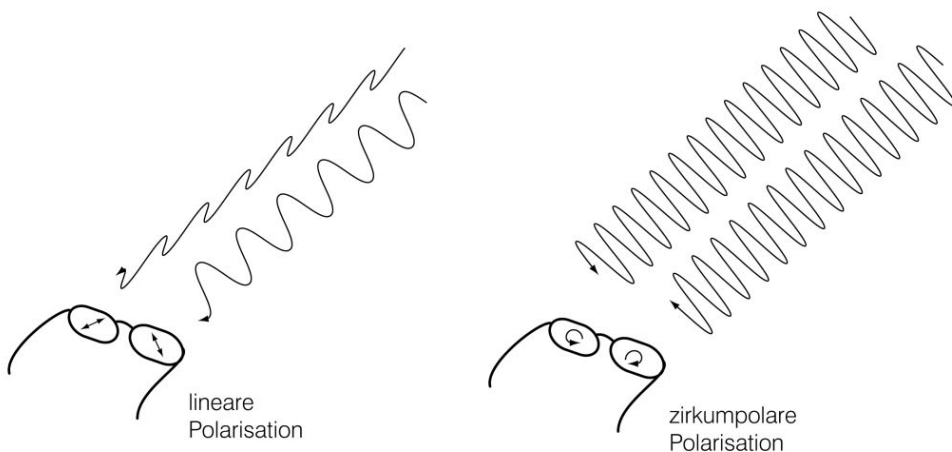


Abb. 4: Unterschied zwischen linearer und zirkumpolarer Polarisationstechnik: bei linearer Polarisation schwingt das Licht in einer Ebene (zur Trennung werden die Polarisations Ebenen senkrecht zueinander ausgerichtet), bei zirkumpolarer Polarisation dreht sich das Licht schraubenförmig um die eigene Achse (einmal im Uhrzeigersinn und einmal entgegen des Uhrzeigersinns). © Florian Maier



Abb. 5: 24" großer 3D-Bildschirm der Miracube-Serie mit zirkumpolarer Polarisation. Praktisch ist die Möglichkeit, den Bildschirm zwischen 2D- und 3D-Modus umzuschalten. © Pavonine

einfallendem Licht nicht streuen. Das bedeutet, dass die Polarisationsrichtung bei der Reflexion auf der Leinwand erhalten bleibt. Nachteilig für viele Kinobetreiber sind die nicht zu unterschätzenden Kosten, die neben der Anschaffung von zwei Projektoren eine Ausstattung mit einer Silberleinwand mit sich bringt.

Es gibt aber auch Projektionssysteme, die mit nur einem Projektor auskommen. Das insbesondere in den USA verbreitete RealD-System arbeitet hierbei mit einem speziellen Flüssigkristall-Vorsatzfilter vor dem Objektiv des Projektors. Dieses Flüssigkristall-Panel kann die Polarisationsrichtung synchron zur Bildwiederholungsrate von 72 Bildern pro Sekunde und Bildkanal wechseln (um Flimmern zu vermeiden, wird jedes Bild dreimal wiederholt). Dabei werden abwechselnd die Bilder für das linke Auge und die Bilder für das rechte Auge hintereinander projiziert – und zwar so, dass die jeweils für das linke Auge bestimmten Bilder mit ausschließlich der einen Polarisationsrichtung und die für das rechte Auge bestimmten Bilder

ausschließlich mit dazu entgegen gesetzten Polarisationsrichtung projiziert werden. Kam bei IMAX 3D eine lineare Polarisation zum Einsatz, so handelt es sich beim von RealD verbreiteten System um eine zirkumpolare Polarisation. Zirkumpolar polarisiertes Licht dreht sich schraubenförmig um die eigene Achse (Abb. 4). Dies ist im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn möglich, ohne einander zu stören. Der große Vorteil einer zirkumpolaren Polarisierung liegt darin, dass im Gegensatz zur linearen Polarisation die saubere Bildtrennung ohne Übersprechen beim Neigen des Kopfes zur Seite erhalten bleibt.

Diese Form der zirkumpolaren Polarisierungstechnik wird häufig auch bei stereoskopischen Desktop-Monitoren angewandt. Dabei wird das LCD-Panel zeilenweise unterschiedlich zirkumpolar polarisiert, beispielsweise alle ungeraden Zeilen in die eine Richtung für den linken Bildkanal, alle geraden Zeilen in die andere Richtung für den rechten Bildkanal. Ein großer Vorteil ist, dass man diese Monitore zwischen 2D- und 3D-Betrieb per Knopfdruck umschalten kann. Nachteilig ist die Tatsache, dass man im 3D-Modus durch die Verschachtelung beider stereoskopischer Halbbilder die Hälfte der vertikalen Auflösung des Monitors verliert. Diese Monitore eignen sich sehr gut zum Editing als Preview-Monitore, wenn eine 3D-Projektion aus Platzgründen nicht in Frage kommt. Die bekanntesten Hersteller dieser Monitore sind Zalman und Pavonine (Abb. 5).

Zeitmultiplextechnik

Die Zeitmultiplex oder Shutter-Technik (u.a. vermarktet von XPanD, ehemals NuVision) ist ebenfalls in neueren digitalen Kinos verbreitet. Hierbei werden in großer Bildwiederholungsfrequenz – der Projektionsstandard liegt bei 144 Herz – die Bilder für das linke und das rechte Auge wechselseitig nacheinander projiziert – 72 mal pro Sekunde und Bildkanal. Die hohe Bildwiederholungsfrequenz soll Flimmern vermeiden. Ein Infrarotsender oberhalb der Leinwand sendet hierbei Steuerimpulse zu den von den Zuschauern getragenen Shutterbrillen. Diese öffnen und schließen synchron zum Wechsel der Bilder auf der Leinwand das jeweils separat abdunkelbare rechte oder linke LCD-Brillenglas, sodass jedes Auge nur den jeweils zugehörigen Bildkanal wahrnehmen kann (Abb. 6).

Der große Vorteil bei diesem Verfahren liegt in der relativ kostengünstigen Umstellung eines 2D-Digitalkinos in ein 3D-Digitalokino – vorausgesetzt, der verwendete Projektor hat eine ausreichende Bildwiederholungsfrequenz. Die Preise für Shutterbrillen sind durch die verwendete Elektronik in den aktiven Brillen um ein Vielfaches höher als beispielsweise die kostengünstigen passiven Polarisationsfilterbrillen – aber dennoch lohnt sich dieses Verfahren insbesondere für kleinere Kinos, die schnell zwischen 2D- und 3D-Inhalten wechseln möchten.

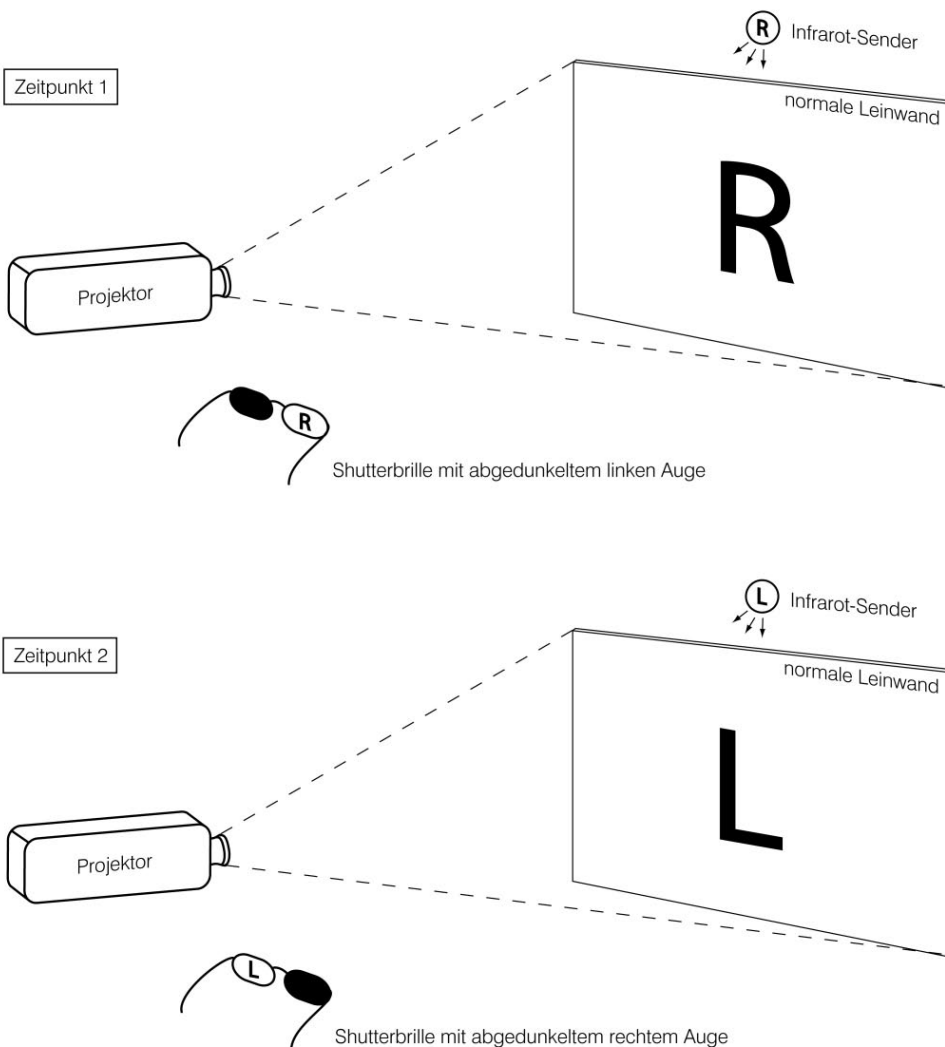


Abb. 6: Prinzip der Shuttertechnik: Zum Zeitpunkt 1 wird ein Einzelbild des rechten Bildkanals gezeigt, zum Zeitpunkt 2 ein Einzelbild des linken Bildkanals. Synchron dazu öffnet das linke bzw. rechte Brillenglas, während das jeweils andere Brillenglas abdunkelt wird. Der Infrarotsender synchronisiert die Shutterbrille im Takt des Bildwechsel. © Florian Maier

Schon alleine deshalb, weil kein zweiter Projektor und keine teure Silberleinwand angeschafft werden muss. Vorteilhaft sind auch die sehr gute Bildqualität und die saubere Trennung der stereoskopischen Halbbilder auch beim Neigen des Kopfes. Nachteilig ist die Tatsache, dass diese Brillen mit Batterien betreiben werden müssen. Da diese nicht gewechselt werden können, um die Brillen reinigen zu können, bleibt nichts anderes übrig, als die Shutterbrillen zum Ende Ihres Zyklus (nach ca. 300 bis 400 Vorstellungen) komplett auszutauschen.

Diese Technik wird übrigens nicht nur bei 3D-Projektionen angewandt. Die Firma Samsung bietet seit 2007 einen 3D-Monitor mit Shuttertechnik für den ambitionierten Heimanwender an. Dabei handelt es sich um einen bis zu 72 Zoll großen DLP-Rückprojektionsfernseher, der über einen Infrarot-Sender die optionalen Shutterbrillen steuern kann. Aufgrund der komfortablen Größe wird dieser Monitor gerne im 3D-Postproduktionsbereich als Ersatz für eine 3D-Projektion verwendet.

Wellenlängenmultiplextechnik

Eine der neueren Verfahren im Bereich der 3D-Projektion ist die Wellenlängenmultiplextechnik, die die Firma Infitec (eine Tochter der damaligen DaimlerChrysler) 1999 entwickelte. Das Verfahren wurde mittlerweile in

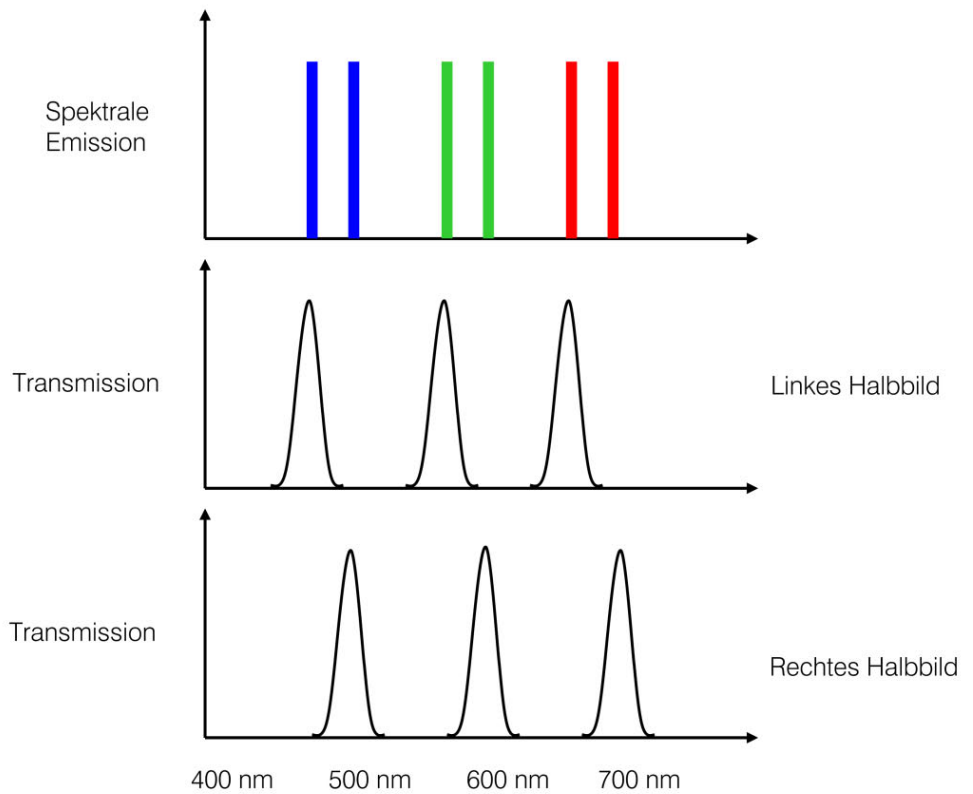


Abb. 7: Prinzip der Wellenlängenmultiplextechnik: Die Farbinformationen R, G und B in den beiden stereoskopischen Halbbildern werden zueinander im Frequenzbereich verschoben. Die Gläser der Brille lassen für das linke Auge nur die jeweils unteren Wellenlängenbereiche bzw. für das rechte Auge nur die oberen Wellenlängenbereiche einer Grundfarbe passieren. © nach Infitec

einer abgewandelten Form von Dolby Laboratories unter dem Namen »Dolby 3D« lizenziert.

Dabei werden die Farbinformationen rot, grün und blau von den beiden Bildkanälen leicht zueinander versetzt in ein Bild projiziert und später durch entsprechende Farbfilter in den Brillengläsern wieder getrennt dekodiert. Abb. 7 verdeutlicht die Funktionsweise: Die verkämmten Wellenlängenbereiche rot, grün und blau eines der beiden Bildkanäle werden in einen angrenzenden Frequenzbereich verschoben. Durch Bandpässe in den speziell beschichteten Brillengläsern werden für das linke Brillenglas nur jeweils die unteren Wellenlängenbereiche der zum linken Bildkanal gehörigen Farbtripel durchgelassen und die anderen Frequenzbereiche des rechten Bildkanals geblockt, wobei beim rechten Brillenglas nur die Farbtripel des rechten Bildkanals durchgelassen und die anderen Bereiche geblockt werden. Durch die Farbverschiebung kommt es zu einer leichten Farbänderung in den beiden stereoskopischen Einzelbildern, die durch eine entsprechende Signalvorverarbeitung (dies kann beispielsweise in den Projektoren geschehen) kompensiert wird.

Der Vorteil dieser Technik ist die Unabhängigkeit von einer Silberleinwand. Eine 3D-Projektion kann über das Wellenlängenmultiplexverfahren mit jeder beliebigen weißen Fläche durchgeführt werden. Neben der Unabhängigkeit von der Kopffosition ist auch die Lichtverteilung sehr viel homogener als bei der Projektion auf eine Silberleinwand über das Polarisationsverfahren. Nachteilig bei dem Verfahren sind die noch vergleichsweise hohen Kosten der 3D-Brillen. Die Spezialbeschichtung mit zahlreichen Bedampfungslayern macht die Brille in der Herstellung sehr aufwendig (Abb. 8). Daher ist diese Art der Projektion abseits der Dolby-3D-Kinos am besten für kleinere 3D-Vorführungen (z.B. Messen, Screenings) geeignet, wo das 3D-Material schnell auf eine beliebige weiße Fläche projiziert werden kann.

Brillenlose Systeme

Die meisten Techniken ohne Brille (auch autostereoskopische Techniken genannt) werden für stereoskopische Desktop-Bildschirme verwendet. Dennoch ist

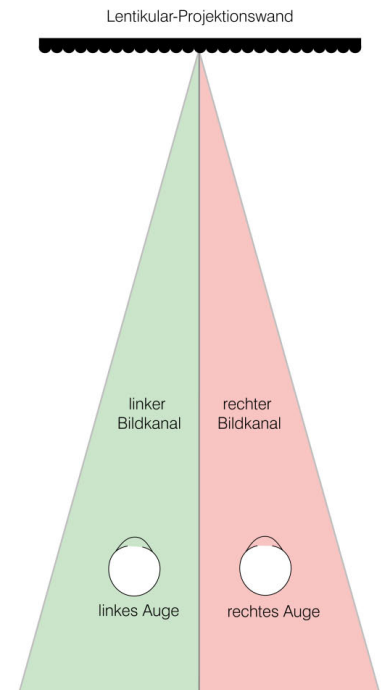
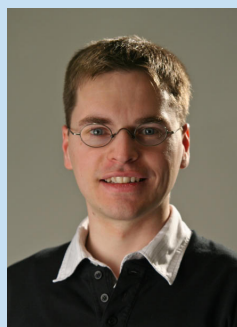


Abb. 9: Prinzip einer autostereoskopischen (brillenlosen) Projektion: Die beispielsweise aus Lentikularen bestehende Projektionswand wird von der Rückseite mit mindestens zwei Projektoren angestrahlt. Je nach Position gibt die Projektionswand einen anderen Bildkanal zurück. Der Zuschauer muss sicherstellen, dass er sich in einem Bereich aufhält, in dem das linke Auge den linken Bildkanal sehen kann und das rechte Auge den rechten Bildkanal.
© Florian Maier

diese Technik auch für 3D-Kinos realisierbar. Dazu gab es in der Vergangenheit viele ideenreiche Versuche.

Bei autostereoskopischen Systemen werden die unterschiedlichen Perspektiven an fixe Stellen im Raum projiziert. Ein Zuschauer muss sicherstellen, dass er genau so sitzt, dass – vereinfacht gesagt – sich sein linkes Auge in einem Bereich befindet, in dem der linke Bildkanal sichtbar ist und sein rechtes Auge in einem Bereich, in dem der rechte Bildkanal sichtbar



Über den Autor: Florian Maier von 3D Consult (www.3d-consult.eu) beschäftigt sich seit mehr als zehn Jahren mit Stereoskopie. Neben dem Gaststudium an der Hochschule für Fernsehen und Film München und dem Studium der Medientechnologie an der TU Ilmenau startete er seine eigene Videoproduktionsfirma für Image- und Werbefilme (BLUE FRAMES media – www.blueframes.de – gegründet 1997) und spezialisierte sich in 3D-Fotografie und 3D-Video. Er entwickelte mehrere 3D-Aufnahmevorrichtungen und besitzt mehrere Patente.

Seit seinem Abschluss als Diplom-Ingenieur arbeitet er als 3D-Berater in den unterschiedlichsten Projekten. Dazu gehören sowohl Forschungsprojekte im Bereich der Stereoskopie am Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR) und bei Firmen aus der Wirtschaft, als auch die Tätigkeit als 3D-Berater bei unterschiedlichsten Projekten im Filmbereich.

Seit 2007 entwickelt er für P+S Technik 3D-Rigs für professionelle 3D-Filmaufnahme. Neben seinen Beratungstätigkeiten promoviert er an der TU Ilmenau am Institut für Medientechnik. Seine Forschungen umfassen die physiologischen Faktoren bei der Betrachtung von stereoskopischen Bildinhalten und die Schaffung bestmöglicher Technologien, um eine dreidimensionale Bildbetrachtung ohne physische Beschwerden beim Betrachter zu ermöglichen. Diese Ergebnisse lässt Florian Maier in die eigene Entwicklung von Hilfsmitteln und Software für eine erleichterte 3D-Aufnahme einfließen. Auch veranstaltet er Workshops zum Thema 3D. Mehr Informationen dazu sind auf www.3d-consult.eu zu finden.

ist (Abb. 9). Das System funktioniert ähnlich dem der Linsenrasterpostkarten (auch als Wackelbilder bekannt). Erleichtert werden kann das Finden dieser Position durch Sessel, bei denen die Kopfposition mit Hilfe einer Kopfstütze an einer fest definierten Stelle gehalten wird.

Diese positionsabhängige Projektion wird durch feine Linsen- (Lentikulare), Drahtgitter- oder Prismenleinwände möglich gemacht, die von mindestens zwei Projektoren angestrahlt werden und die Bildkanäle nach Auftreffen auf der Spezialleinwand positionsgerecht in den Zuschauerraum werfen. So wurden bereits 1930 in Moskau die ersten erfolgreichen Versuche mit einer Drahtgitterleinwand durchgeführt. Das System dazu ist sogar noch älter: Die ersten Ideen mit einer Leinwand aus Metall-Lamellen wurden bereits 1906 beschrieben.

Die Vielfältigkeit der beschriebenen Systeme zur 3D-Projektion zeigt, dass man sich dem Grundprinzip der getrennten Zuführung beider Bildkanäle auf vielerlei Art und Weise nähern kann. Jede Projektionstech-



Abb. 8: 3D Brille von Infitec. Eine Spezialbeschichtung sorgt für die Bildtrennung je nach Wellenlängenbereich. © Infitec

nologie hat Vor- und Nachteile und so gibt es auch nicht DAS perfekte System. Vielmehr muss im Einzelfall überlegt werden, welche Technologie die geeignetste ist. Oftmals sind es aber wettbewerbsrechtliche Aspekte, die über die Verbreitung eines Systems entscheiden – der Kampf zwischen HD-DVD und Blu-ray Disk ist nur ein Beispiel von vielen.

Letztlich ist jede noch so gute Projektionstechnologie hinfällig, wenn der Inhalt nicht stimmt. So müssen gute Geschichten und ein gekonnter Einsatz von stereoskopischen Stilmitteln dafür sorgen, dass 3D auch weiterhin ein gern gesehenes Thema bleibt und nicht wieder verschwindet, wie es schon öfter in der Geschichte der Stereoskopie der Fall war. ■ PP

3D Consult Dipl.-Ing. Florian Maier
 Ahornstraße 5, 82205 Gilching
 Fon 08105 774974-0, Fax 08105 774974-1
 e-Mail: f.maier@3d-consult.eu
www.3d-consult.eu