

Die Interferenzfilter-Technik – ein revolutionäres neues Verfahren zur Projektion von 3D-Bildern

Wolfgang Wesemann

Kurzfassung

3D-Kino ist in Mode. Die 3D-Projektionstechnik war für viele Augenoptiker aber nichts wirklich Neues, denn die bislang verwendeten Trennverfahren wie Rot-Grün-, Polarisations- oder Shutterbrillen wurden im Augenprüfraum schon seit vielen Jahren verwendet. [1] Jetzt gibt es erstmals ein Verfahren, das in der Augenoptik noch nie eingesetzt wurde. Es verwendet eine Trennerbrille, die rechts und links unterschiedliche Spektralbereiche durchlässt. Dies ermöglicht eine Wiedergabe von farbigen 3D-Bildern ohne die Nachteile der herkömmlichen Polarisationsfilter- oder Shutterbrillentechnik.

Grundlagen der Technik

Bei der Interferenzfilter-Technik erfolgt die Bildtrennung über eine Zerlegung des Bildes in verschiedene Spektralbereiche. Das Verfahren berücksichtigt, dass die menschliche Netzhaut drei farbempfindliche Photorezeptorarten enthält, die für die Grundfarben Rot, Grün und Blau optimiert sind (L-, M- und S-Zapfen, Abb.1).

Damit die Bildtrennung klappt, muss der Betrachter eine Brille tragen, in die rechts und links zwei verschiedene Interferenzfilter eingeschliffen sind, die jeweils nur drei schmalbandige

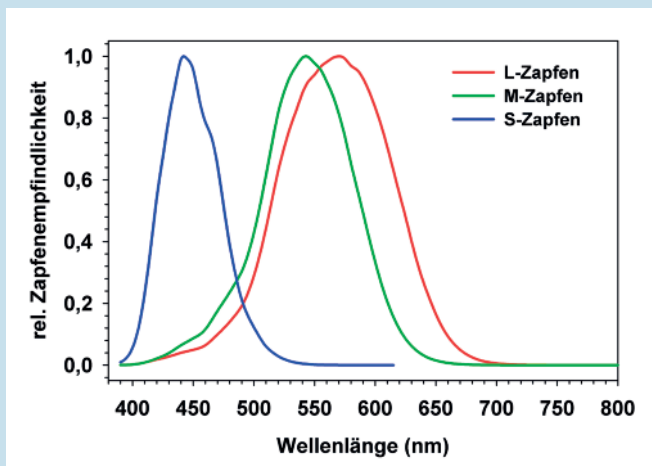


Abb. 1: Relative Lichtempfindlichkeit der drei Zapfenarten in der menschlichen Netzhaut. Daten von Stockman und Sharpe. [2]

dige Spektralbereiche durchlassen (Abb. 2 und 3). Das erste Band liegt in der Nähe des Empfindlichkeitsmaximums des S-Zapfen. Das zweite im Empfindlichkeitsbereich des M-Zapfen. Mit dem dritten Band wird überwiegend der L-Zapfen angeregt. Derartig steile Filtercharakteristiken kann man nur mit Interferenzfiltern erzeugen. Konventionelle Farbfiltergläser sind dafür nicht geeignet.

Die sinnesphysiologisch beste Qualität des Stereobildes auf der Leinwand erhält man, wenn zwei Kinoprojektoren benutzt werden², in die zwei verschiedene Interferenzfilter eingebaut sind, (Abb. 4 und 5). Sie sorgen dafür, dass für das rechte und linke Auge nicht das ganze Farbspektrum auf die Leinwand projiziert wird, sondern mehrere schmalbandige Spektralbereiche, die genau auf die Durchlassbereiche der Brille abgestimmt sind. Diese Filter sind wesentlich teuer und aufwändiger gestaltet als die Filter in den Brillengläsern³.

Zuerst verwendete man Projektorfilter, die – genau wie die Trennerbrille – nur drei Durchlassbereiche für jedes Auge aufwiesen. [3, 4] Seit kurzem werden aber verbesserte Projektorfilter eingesetzt, die vier bis sechs Durchlassbereiche für jedes Auge aufweisen. DOZ-Leser, die es genauer wissen wollen, können viele Details dieser Technik bei Simon und Jorke [5] sowie Richards und Gomes [6] nachlesen. Durch die neue Technik kann die Lichtausbeute und die Farbtreue deutlich verbessert werden.

Die Durchlasskurven der Filter, die derzeit in den Dolby 3D-Kinoprojektoren eingebaut sind, werden geheim gehalten. Ein Beispiel für ein mögliches Projektionsfiltersystem kann man aber dem Patent von Richards und Gomes entnehmen. [5] Dieser Transmissionsverlauf ist in Abb. 5 dargestellt. Der Filter für das rechte Auge hat fünf schmalbandige Durchlassbereiche – der Filter für das linke Auge drei Durchlassbereiche. Wellenlängen kürzer als 400 nm und länger als 700 nm werden nicht durchgelassen, weil sie vom visuellen System nur noch mit sehr niedriger Empfindlichkeit wahrgenommen werden und deshalb praktisch nicht zum Seheindruck im Kino beitragen (siehe Abb. 1).

Ganz wesentlich ist, dass sich die Durchlassbereiche des Systems aus Projektor und Brille für das rechte und linke Auge nicht überlappen.

Die Interferenzfiltertechnik wurde 1999 von Helmut Jorke erfunden. [3] Daraus entstand zunächst ein dreijähriges Forschungsprojekt der DaimlerChrysler AG, in dem die Technik von realistischen Fahrsimulatoren verbessert werden sollte. Als



Abb. 2: Dolby 3D-Interferenzfilterbrille.

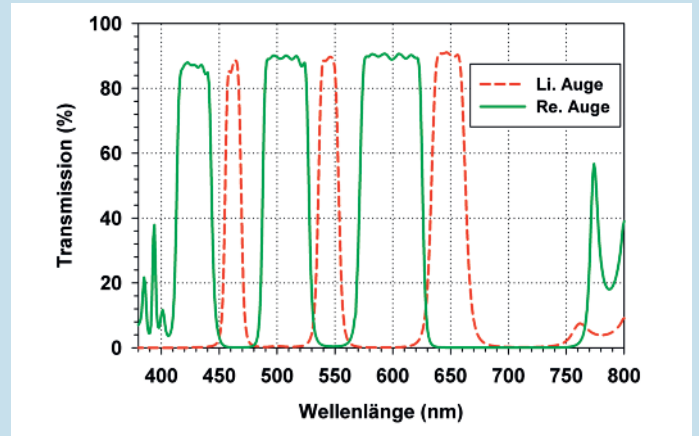


Abb. 3: Spektrale Transmission einer Dolby 3D-Trennerbrille¹. Die Interferenzfilter lassen für das rechte und linke Auge jeweils nur drei schmalbandige Wellenlängenbereiche durch.

„Spin-off“ entstand die deutsche Firma Infitec GmbH, die die Rechte hält und das Verfahren weiterentwickelt. 2006 erwarb die Firma Dolby Digital die Lizenz für den weltweiten Kinoeinsatz. Anfang 2013 wurde dieses Verfahren z. B. im Kino 4 des Kölner Cinedom eingebaut.

Metamerie

Durch die trennscharfen Interferenzfilter in der Brille sieht das rechte Auge andere Wellenlängen als das linke. Das merkt man, wenn man die natürliche Umwelt bei Tageslicht durch eine solche Brille betrachtet. Das linke Auge sieht die Farben mit einem leichten Rotstich. Dem rechten Auge erscheint die Welt leicht grünlich verfärbt.

Im Kinosaal sind diese Farbverfälschungen aber nicht mehr vorhanden. Zum einen unterscheidet sich das Emissionsspektrum des Projektors von der spektrale Lichtverteilung des Tageslichts. Zum anderen können die Farbunterschiede zwischen dem rechten und dem linken Auge können durch eine individuelle Helligkeitsanpassung der einzelnen Farben im Projektor weitgehend kompensiert werden.

Der zugrundeliegende sinnesphysiologische Sachverhalt, der bei dieser Angleichung der Farben ausgenutzt wird, ist die „Metamerie“. Damit wird die Tatsache bezeichnet, dass verschieden zusammengesetzte Lichtspektren beim Menschen die gleiche Farbwahrnehmung hervorrufen können. Ganz allgemein kann eine bestimmte Farbe also durchaus aus drei verschiedenen Primärfarben zusammengesetzt werden.

Angleichung der Farben

Digitale Kinoprojektoren arbeiten nach dem Prinzip der additiven Farbmischung. Aus den drei Primärfarben Rot, Grün und Blau können viele alle andere Farben zusammen gemischt werden. Die insgesamt darstellbaren Farben F können durch die Gleichung

$$F = a \cdot \text{Rot} + b \cdot \text{Grün} + c \cdot \text{Blau}$$

beschrieben werden. Die Faktoren Rot, Grün und Blau kennzeichnen die Farborte und die Helligkeit der drei verwendeten Primärfarben. Die Zahlen a , b und c sind Gewichtungsfaktoren zwischen 0 % und 100 %, die die Intensität kennzeichnen, in der



Abb. 4: Digitaler Kinoprojektor BarcoHDQ-2K40 mit einem Lichtstrom von 37.000 ANSI Lumen.

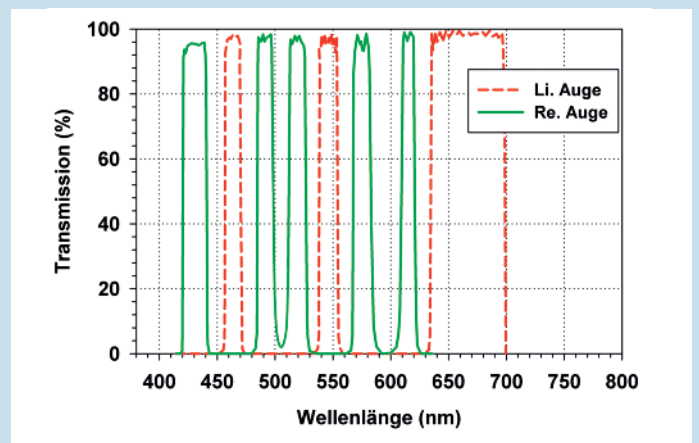


Abb. 5: Spektrale Transmission der zwei Projektorfilter nach Richards und Gomes. [4] Der Filter für das rechte Auge lässt fünf schmale Wellenlängenbereiche durch, der Filter für links nur drei Bereiche.

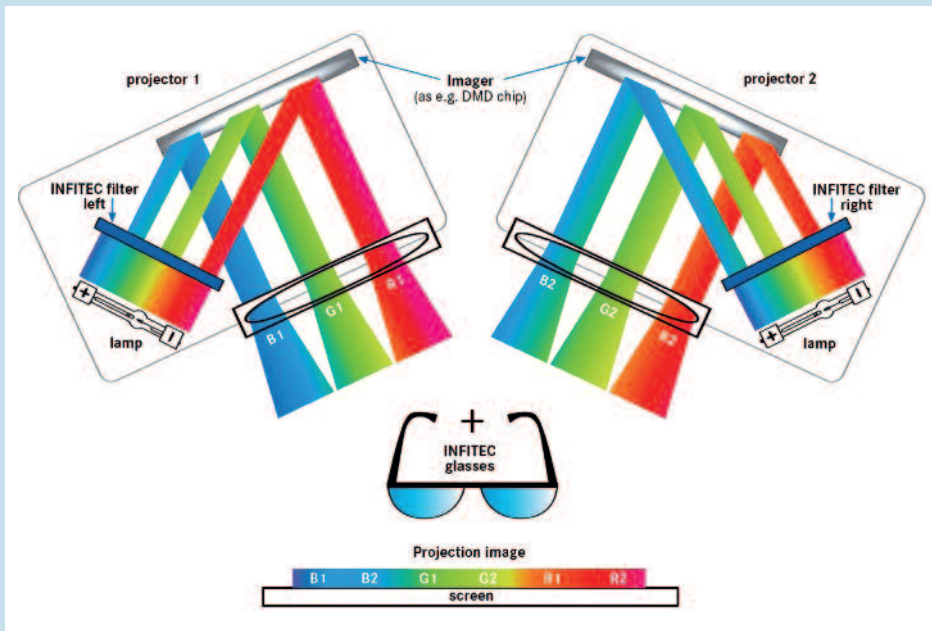


Abb. 6: Schematische Darstellung eines 3D-Gesamtsystems bestehend aus zwei Projektoren und der Trennerbrille (Quelle: Fa. Infitec).



Abb. 7: Additive Farbmischung: Drei Projektoren projizieren in den drei Primärfarben. Wenn die Farben überlagert werden, ergeben sich Mischfarben. Bei einem ganz bestimmten Mischungsverhältnis erhält man als Mischfarbe „Weiß“. Wenn andere Primärfarben verwendet werden, ist auch das Mischungsverhältnis für „Weiß“ anders.

die jeweilige Primärfarbe leuchtet. Wenn die drei Farben im „richtigen“ Verhältnis gemischt werden, ergibt sich „Weiß“ (Abb. 7).

Bei einem einfachen Drei-Banden-Interferenzfiltersystem der ersten Generation, das heute im Kino nicht mehr verwendet wird, sieht das rechte Auge etwas kürzere Wellenlängen als das linke (siehe auch Abb. 3). Daraus ergeben sich deutlich unterschiedliche Farb Räume (Abb. 8).

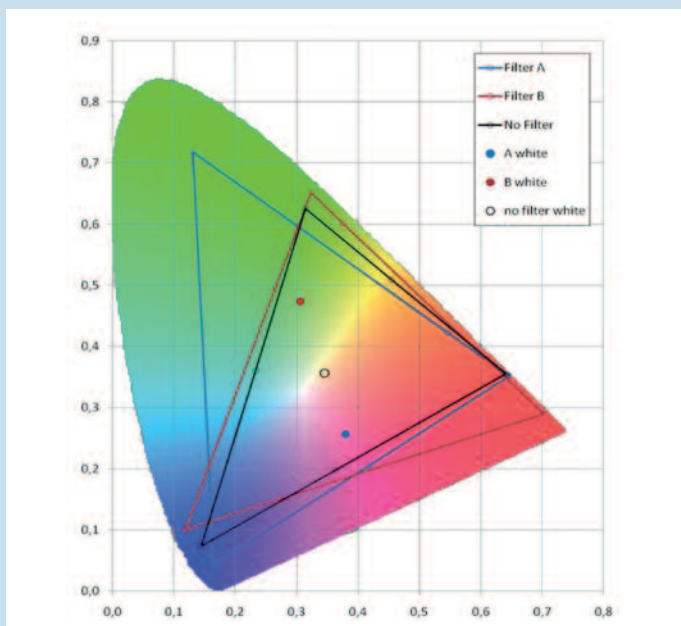


Abb. 8: Farbraum für ein einfaches Drei-Banden-Interferenzfiltersystem der ersten Generation, das im heutigen Kinobereich nicht mehr verwendet wird. (CIE 1931 x-y Diagramm). Das linke Auge sieht einen Farbraum gemäß Filter A, das rechte Auge gemäß Filter B. Beide Farb Räume unterscheiden sich deutlich vom Farbraum ohne Filter. Auch die Weißpunkte liegen links und rechts an anderen Farborten. (Quelle: Fa. Infitec)

Diese unterschiedlichen Farbeindrücke des rechten und linken Auges kann man durch zusätzliche Filter oder digitale Bildkorrekturen recht gut ausgleichen. Man kann zum Beispiel im Computerserver, in dem der Kinofilm gespeichert ist, den Farbunterschied zwischen dem rechten und dem linken Auge durch mathematische Transformationen vermindern. Diese mathematischen Umformungen gleichen den Farbraum des rechten und

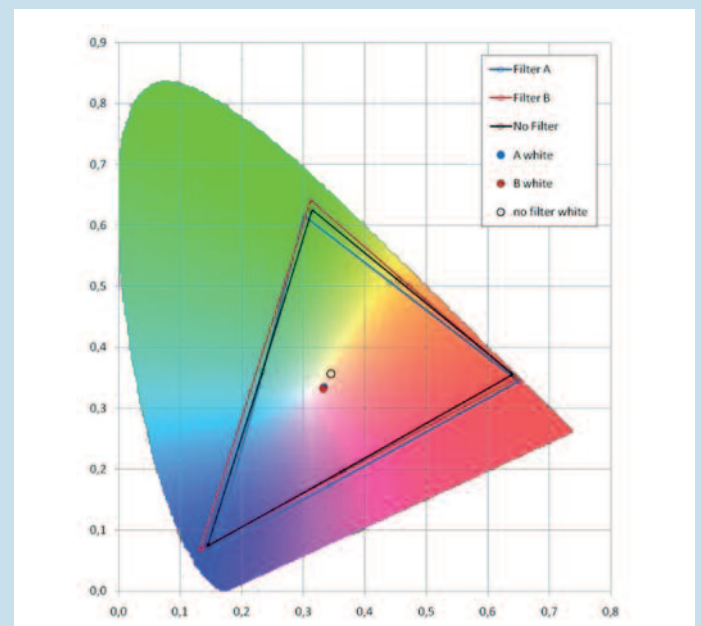


Abbildung 9: Beispiel für den Farbraum, den man mit einem Infitec-System der neuesten Generation erreichen kann. Im Vergleich zu Abb. 8 sind die Farb Räume für das rechte und linke Auge (Filter A und Filter B) nahezu identisch. (Quelle: Fa. Infitec)

linken Auges so gut wie möglich aneinander an⁵. Bei dieser Art der Farbkorrektur geht allerdings sehr viel Licht verloren. Das Kinobild wird farbgleich. Es erscheint aber wesentlich dunkler.

In den Kinoprojektoren der neuesten Generation verwendet man wesentlich aufwändigere Vier- bis Sechs-Banden-Filter-systeme (siehe auch Abb. 5). [5, 6] Mit den neuen Projektorfiltern kann man eine wesentlich bessere Farbwiedergabe erreichen. In Abb. 9 sieht man den Farbraum, den man mit einem Infitec System der neuesten Bauart erreichen kann. Die Farben, die vom rechten und linken Auge gesehen werden, sind praktisch gleich. Eine digitale Farbkorrektur ist fast nicht mehr erforderlich. Die genauen Daten des derzeit verwendeten Dolby Kinoprojektorfilters sind vertraulich. Sie sind aber ähnlich wie in Abb. 9. Der große Vorteil ist, dass im Vergleich zum einfachen Drei-Banden-System viel weniger Licht verloren geht und das Kinobild viel heller erscheint.

Vorteile der Interferenzfiltertechnik

Die Vorteile des neuen Verfahrens liegen auf der Hand. Die Trennerbrillen sind robust und zuverlässig. Da die Brillengläser aus Mineralglas bestehen, verkratzen sie nicht so leicht wie Polarisationsfilter. Es sind weder Elektronik noch Batterien in der Brille erforderlich. Deshalb gehen die Brillen in einer Kinobrillenwaschmaschine auch nicht so leicht kaputt wie die Shutterbrillen. Die Stärke des unerwünschten „cross talk“ ist geringer als bei anderen Trennverfahren. Die Technik weist auch bei Kopfeinrichtungen eine fast perfekte Kanaltrennung auf und ist für große Säle in idealer Weise geeignet. Eine spezielle Silberleinvand ist nicht erforderlich. Anders als bei Polarisationsfiltern gibt es keinen bevorzugten Sitzplatz und keine unnatürlich helle

Stelle (hot-spot) im Kinobild. Mit zwei Projektoren ist eine echte Doppelprojektion möglich. Dadurch entfällt das hochfrequente und für viele Menschen unangenehme Bildflimmern der Shutterbrillentechnik. ■

Danksagung: Dank gilt Arnold Simon von Fa. Infitec für die Erlaubnis zur Verwendung der Abbildungen 6, 8 und 9, sowie Helmut Backes vom Cinedom, Köln.



Kontakt-daten:

PD Dr. Wolfgang Wesemann

Höhere Fachschule für Augenoptik

Bayenthalgürtel 6–8

50968 Köln

E-Mail: wesemann@hfak.de

Literatur

- [1] Wesemann W. Sehlust und Sehfrust – Sehprobleme bei 3D-Filmen und 3D-Fernsehen. DOZ 2/2013 und 3/2013.
- [2] Stockman A, Sharpe L. 2-deg cone fundamentals based on the Stiles & Burch 10-deg CMFs. 2000; von: <http://www.cvrl.org/cones.htm>
- [3] Jorke H, Fritz M. Infitec – A new stereoscopic visualization tool by wavelength multiplex imaging. http://jumbovision.com.au/files/Infitec_White_Paper.pdf
- [4] Jorke H, Simon A, Markus F. Advanced stereo projection using interference filters. J. Soc. Info. Display. 2009; 17/5, 407-410.
- [5] Simon A, Jorke H. Interference Filter System for High-Brightness and Natural-Color Stereoscopic Imaging. J. Soc. Info. Display. 2011; 25/1, 317-319.
- [6] Richards MJ, Gomes GD. Spectral separation Filters for 3D Stereoscopic D-Cinema Presentation“, 2007; United States Patent US 7,959,295 B2.

1 Die Messung erfolgte in der HFAK mit einem Cary 1E Spektrographen.

2 In der häufigsten Variante wird jedoch nur ein Projektor mit einem rotierenden Filterrad verwendet, der in schneller Abfolge abwechselnd den Interferenzfilter für das rechte und linke Auge vorschaltet.

3 Aufgrund der Winkelabhängigkeit von Interferenzfiltern müssen die Filter an einer Stelle im Innern des Projektors angebracht werden, an der die Lichtstrahlen der Lampe parallel verlaufen.

4 Siehe auch die Internetstichworte: Metamerie, Primärvalenz, Gamut, RGB-Farbraum, additive Farbmischung.

5 Um die Farbwiedergabe exakt zu beschreiben, muss man natürlich die spektrale Lichtverteilung der Projektorlampe, die Filtercharakteristik des Projektorfilters und die Transmission der Trennerbrillen insgesamt betrachten.

Anzeige 1/3 quer

185 x 82 (210 x 104)