

HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät Medien



Stefan Bernhardt

# **Analyse und Vergleich stereoskopischer Projektionstechniken**

– eingereicht als Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. (FH) Andrej Krabbe

Mittweida – 20. August 2009

# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Bibliographische Beschreibung .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Referat .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Vorwort .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Vorgehensweisen .....	3
1.3 Ziel dieser Arbeit.....	5
<b>2 Stereoskopische Grundlagen .....</b>	<b>6</b>
2.1 Die menschliche Wahrnehmung.....	6
2.2 Grundbegriffe der Stereoskopie.....	7
2.3 Umsetzung eines Raumbildes.....	8
2.4 Bedingungen für räumliche Aufnahmen .....	9
<b>3 Filmproduktion / Distribution.....</b>	<b>12</b>
3.1 3D-Kamerasysteme .....	12
3.2 Produktion und Vertrieb analoger Filme.....	13
3.3 Produktion und Vertrieb digitaler Filme.....	14
<b>4 Projektionsverfahren und -systeme .....</b>	<b>17</b>
4.1 Bildtrennverfahren.....	17
4.2 Allgemeine Architektur analoger Projektionssysteme .....	18
4.3 Allgemeine Architektur digitaler Projektionssysteme .....	19
<b>5 Historische Bildtrennverfahren.....</b>	<b>23</b>
5.1 Das Farbanaglyphenverfahren .....	23
5.1.1 Entstehung und Aufbau eines Farbanaglyphenbildes .....	23
5.1.2 Die Farbanaglyphenbrille .....	25
5.2 VISIDEP™ - Technik.....	26

<b>6</b>	<b>Polarisationsverfahren .....</b>	<b>28</b>
6.1	Polarisiertes Licht .....	28
6.2	Doppelprojektionsverfahren mit linearer Polarisation – Architektur und Besonderheiten .....	32
6.3	RealD 3D-Technik – Verbreitung und Besonderheiten ...	35
6.4	Masterimage-Technik – Verbreitung und Besonderheiten.....	38
<b>7</b>	<b>Shutter - Technik.....</b>	<b>40</b>
7.1	Grundprinzip der Shutter - Technik .....	40
7.2	Verbreitung und Besonderheiten der Shutter - Technik ...	40
<b>8</b>	<b>Interferenzfilter - Technik.....</b>	<b>42</b>
8.1	Grundlagen der Interferenzfilter - Technik.....	42
8.2	Aufbau und Funktionsweise von Interferenzfiltern.....	43
8.3	Besonderheiten der Interferenzfilter - Technik .....	45
<b>9</b>	<b>Analyse der Projektionstechniken.....</b>	<b>46</b>
9.1	Übersicht über die Projektionstechniken .....	46
9.2	Vor- und Nachteile des Farbanaglyphenverfahrens.....	48
9.3	Vergleich der Polarisationsysteme .....	49
9.4	Vor- und Nachteile des Shutter - Verfahrens.....	50
9.5	Vor- und Nachteile der Interferenzfilter - Technik .....	52
<b>10</b>	<b>Analyse der 3D - Film - Statistik von 1910 bis 2009 .....</b>	<b>53</b>
10.1	Überblick von 1910 bis 1949 .....	53
10.2	3D - Filmentwicklung in den Jahren 1950 bis 1969.....	55
10.3	3D - Filmentwicklung in den Jahren 1970 bis 1989 .....	57
10.4	3D - Filmentwicklung in den Jahren 1990 bis 2009.....	58
<b>11</b>	<b>Schlusswort.....</b>	<b>62</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>65</b>
	<b>Anhänge .....</b>	<b>72</b>
	<b>Selbstständigkeitserklärung.....</b>	<b>78</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Menschliche Augen nehmen ihr Umfeld aus zwei unterschiedlichen Perspektiven wahr. ....	6
Abbildung 2:	Verarbeitung eines dreidimensionalen Raumbildes .....	8
Abbildung 3:	Entstehung eines Raumbildes aus einem Stereobild .....	9
Abbildung 4:	Konvergierte Kameraanordnung .....	10
Abbildung 5:	Entstehungsprozess eines analogen Films .....	13
Abbildung 6:	Entstehungsprozess eines digitalen Films .....	15
Abbildung 7:	Mögliche Gliederung der Bildtrennverfahren .....	17
Abbildung 8:	Allgemeine Architektur bei analoger Projektion .....	18
Abbildung 9:	Allgemeine Architektur bei digitaler Projektion mit einem Projektor .....	19
Abbildung 10:	Zeitdiagramm mit „Double Flash“ und „Triple Flash“-Technik .....	21
Abbildung 11:	Entstehung und Aufbau eines Farbanaglyphenbildes .....	24
Abbildung 12:	Funktionsweise einer Farbanaglyphenbrille .....	25
Abbildung 13:	Aufbau zur Aufzeichnung eines Filmes mittels VISIDEP™ - Verfahren .....	27
Abbildung 14:	Darstellung einer sich ausbreitenden elektromagnetischen Transversalwelle .....	28
Abbildung 15:	Linear polarisierte Welle .....	29
Abbildung 16:	Projektion des E-Vektors auf die x-y-Ebene .....	30
Abbildung 17:	Zirkular polarisierte Welle .....	30
Abbildung 18:	Projektion des E-Vektors auf die x-y-Ebene .....	31
Abbildung 19:	Wirkungsweise eines Polaroidfilters .....	32

Abbildung 20: Verteilung der 3D-Projektionssysteme in Deutschland .....	36
Abbildung 21: Nutzung des RealD-Systems in Deutschland .....	36
Abbildung 22: Z-Screen vor einem DLP Cinema™-Projektor .....	37
Abbildung 23: Lichtstromverlust beim RealD-Verfahren .....	37
Abbildung 24: Rotationspolarisator der Masterimage-Technik .....	38
Abbildung 25: Synchronisation des D-Cinema Projektors mit der Shutter-Brille.....	41
Abbildung 26: 3D-Visualisierung mittels Wellenlängenmultiplex-Technik.....	44
Abbildung 27: Aufbau einer 3-CCD-Videokamera mit Interferenzfiltern .....	45
Abbildung 28: 3D-Filme 1910er - 2000er .....	53
Abbildung 29: 3D-Filmveröffentlichungen in den Jahren 1950 - 1969 .....	55
Abbildung 30: 3D-Filmveröffentlichungen in den Jahren 1970 - 1989 .....	57
Abbildung 31: 3D-Filmveröffentlichungen in den Jahren 1990 - 2009 und Kinobesucherzahlen (Deutschland) .....	58

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Filmauflösungen und -formate.....	14
Tabelle 2: Minimalanforderungen an Master-Daten laut DCI.....	16
Tabelle 3: Übersicht über die Projektionstechniken 1 .....	46
Tabelle 4: Übersicht über die Projektionstechniken 2 .....	47
Tabelle 5: Verteilung der Projektionssysteme in Deutschland.....	74
Tabelle 6: Verteilung der Polarisationsysteme in Deutschland .....	74
Tabelle 7: 3D-Filmveröffentlichungen in den 1910er bis 2000er Jahren .....	75
Tabelle 8: 3D-Filmveröffentlichungen (1950 bis 1969) .....	75
Tabelle 9: 3D-Filmveröffentlichungen (1970 bis 1989).....	76
Tabelle 10: 3D-Filmveröffentlichungen (1990 bis 2010).....	76
Tabelle 11: Anzahl der Kinobesucher in Deutschland (1990 bis 2008).....	77

## Abkürzungsverzeichnis

<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>AES</b>	Advanced Encryption Standard
<b>CGI</b>	Computer Generated Imagery (computeranimierte Filme)
<b>DCI</b>	Digital Cinema Initiatives
<b>D-Cinema</b>	Digital-Cinema
<b>DCP</b>	Digital Cinema Package
<b>DGS</b>	Deutsche Gesellschaft für Stereoskopie
<b>DI</b>	Digital-Intermediate
<b>DLP</b>	Digital Light Processing
<b>FFA</b>	Filmförderungsanstalt
<b>GByte</b>	Gigabyte (1.024 <sup>3</sup> Byte)
<b>HD</b>	High Definition
<b>IR</b>	Infrarot
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
<b>MByte</b>	Megabyte (1.024 <sup>2</sup> Byte)
<b>SDI</b>	Serial Digital Interface
<b>SMS</b>	Screen Management System
<b>TByte</b>	Terrabyte (1.024 <sup>4</sup> Byte)
<b>TOF</b>	Time-of-flight

## Bibliographische Beschreibung

Bernhardt, Stefan:

Analyse und Vergleich stereoskopischer Projektionstechniken –  
2009 – 78 S., Mittweida, Hochschule Mittweida (FH),  
Fakultät Medien, Bachelorarbeit

## Referat

Den Schwerpunkt dieser Bachelorarbeit bilden die Entwicklung und Funktionsweisen der Raumbildprojektionen in Kinos. Mit der Analyse der einzelnen Techniken soll ein Überblick über deren Architektur gegeben werden.

Neben den Techniken werden auch die Grundlagen der Stereoskopie behandelt und erläutert, damit eine tiefgründige Analyse möglich ist. Außerdem werden die Entwicklung und Veröffentlichungen der 3D - Filme betrachtet.

Ziel ist es, die unterschiedlichen Projektionstechniken bezüglich ihrer Vorzüge und Nachteile vergleichen zu können und eine Prognose über mögliche Entwicklungschancen zu erarbeiten.



## Vorwort

Wer zum ersten Mal einen guten 3D-Film gesehen hat, wird fasziniert sein, von den Eindrücken, die diese dritte Dimension dem Zuschauer liefert. Hierbei verhält es sich wie bei einer Zaubershow, an deren Ende man wissen will, wie die Tricks funktionieren. Da 3D-Kino allerdings keine Magie ist und es keiner Tricks bedarf, lässt sich die Funktionsweise erklären.

Nicht jede 3D-Filmprojektion ist in allen Kinos gleich, denn wie so oft gibt es viele Möglichkeiten, um eine Lösung zu finden, so auch in der Stereoskopie. Je mehr man sich mit der Materie des 3D-Kinos auseinandersetzt, umso mehr versteht man den Entwicklungsprozess und seine Funktionsweise.

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

„Die Zeit ist reif für 3D mehr zu werden als eine Freizeitparkattraktion!“<sup>[1]</sup> – So lautet die Einschätzung von George Lucas, dem Produzenten und Regisseur von „Star Wars“ und „Indiana Jones“, im Jahr 2005 auf der ShoWest in Las Vegas. Rückblickend betrachtet war die 3D-Projektion, außer zu Beginn der 1950er Jahre, eher ein beiläufiges Phänomen, welches keine große Beachtung fand. Die Massentauglichkeit dieser Art der Filmwiedergabe war über einen Zeitraum von mehr als 50 Jahren nicht gegeben. Auch der Entwicklung von 3D-Projektoren wurde wenig Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl das erste Stereoskop bereits im Jahr 1838 von Sir Charles Wheatstone gebaut<sup>[2]</sup> und somit die Stereografie ein Jahr vor der Fotografie entwickelt wurde<sup>[3]</sup>. Trotz dieses kleinen Vorsprungs konnte sich die Stereoskopie nicht durchsetzen, weder bei der Fotografie, noch im Kino. Immer wieder gab es Versuche, im Kino und im Fernsehen das Raumbild zu etablieren, jedoch konnten bereits ab der zweiten Hälfte der 1950er Jahre keine großen Erfolge mehr mit stereoskopischen Inhalten verzeichnet werden. Abgesehen von einigen Produktionen, wie „Jaws 3-D“ (1982, Universal)<sup>[4]</sup> und „Amityville 3-D“ (1983, Orion Pictures)<sup>[5]</sup> einzelner großer Studios, führte der 3D-Film und somit auch das 3D-Kino ein Nischendasein.<sup>[6]</sup>

Im Jahr 2005 wurden schließlich vermehrt 3D-Filme produziert und unterschiedliche Projektionssysteme weiterentwickelt. Ein Grund dafür war die zunehmende Digitalisierung, die erhebliche Kosteneinsparungen in der Produktion und der Distribution mit sich brachte. Allerdings sahen die Kinobetreiber für sich keinen Nutzen in der digitalen Technik, denn für sie war die Anschaffung neuer

---

1 UCI Kinowelt: Presseheft zu Digital 3D - UCI Kinowelt und RealD, April 2009

2 Janssen, Jan-Keno: Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D boomen

3 vgl. ebenda

4 Filme von A bis Z: Der weiße Hai 3-D, 23.07.2009

5 Wikipedia: Amityville 3-D, 23.07.2009

6 vgl. Janssen, Jan-Keno: Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D boomen

Technik mit enormen Ausgaben verbunden, die durch die Einnahmen der Aufführung von zweidimensionalen Filmen kaum gedeckt werden konnten. Folglich existierte für die Kinobetreiber bei der digitalen 2D-Projektion kein direkter Mehrwert.<sup>[7]</sup>

Dies änderte sich mit der Produktion von 3D-Filmen, denn für eine solche Wiedergabe ist ein digitaler Projektor zwingend notwendig. Mit den dreidimensionalen Inhalten entstand auch ein Mehrwert für die Kinobetreiber, da sie ihren Besuchern ein neues Kinoerlebnis bieten konnten.<sup>[8]</sup>

Jedoch stellt sich die Frage, ob der derzeitige 3D-Boom in den Kinos von den Produktions- und Distributionsfirmen bewusst gefördert wird, damit die Kinobetreiber ihre analoge Projektionstechnik durch digitale Technik ersetzen. Somit können die Kosten für die Produktion und den Vertrieb dauerhaft verringert werden. Das Filmmaterial wird derzeit schon digital aufgezeichnet und bearbeitet. Um es mit analogen Projektoren wiedergeben zu können, muss das fertig bearbeitete Material, der Master, auf 35 mm-Film belichtet werden. So werden für einen Spielfilm mit einer Vorführzeit von 1,5 h rund 2.463 m an 35 mm-Film benötigt<sup>[9]</sup>. Standardmäßig besteht eine Rolle aus 600 m Film und wird Akt genannt. Daraus ergibt sich, dass ein Spielfilm mit einer Spieldauer von 90 min aus fünf Akten besteht<sup>[10]</sup>. Den Kinos werden die schweren Filmrollen mit einer Sonderspedition geliefert. Bei einer digitalen Projektion wird nur eine Festplatte mit den gewünschten Daten benötigt, somit fallen die Belichtung des 35 mm-Films und die Anlieferung mittels Spedition als Kostenpunkte weg bzw. können diese verringert werden.<sup>[11]</sup>

---

7 vgl. ebenda

8 vgl. ebenda

9 Cinebyte: 35-mm-Film - Laufzeit, Filmlänge, 24.07.2009

10 vgl. ebenda

11 vgl. Janssen, Jan-Keno; Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D boomen

Momentan hat es die digitale stereoskopische Projektion geschafft, Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen und zwar durch zahlreiche 3D-Kinofilme. Ob es sich beim derzeitigen Wirbel nur um eine Phase handelt oder ob sich eine langfristige Entwicklung abzeichnet, müssen die Filmindustrie und die Kinobesucher beweisen. Der Grundstein ist mit der Umrüstung auf digitale Projektionstechnik in zahlreichen Kinos weltweit gelegt. Diverse Hersteller wie Dolby, IMAX, RealD oder XpanD bieten ihre Systeme an, die auf verschiedenen Bildtrennungungsverfahren beruhen. Die Kinobetreiber müssen dann entscheiden, welches System für ihr Kino am besten geeignet ist.

## **1.2 Vorgehensweisen**

### **Kapitel 2.**

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für das räumliche Sehen des Menschen beschrieben. Darauf aufbauend werden einige Grundbegriffe der Stereoskopie erläutert und Richtlinien benannt, worauf bei der Entstehung von Raumbildern zu achten ist.

### **Kapitel 3.**

Die Voraussetzung für die Raumbildprojektion ist ein stereoskopischer Film. Wie ein solcher Film aufgezeichnet werden kann und was in der Postproduktion und im Vertrieb geschieht, wird in diesem Kapitel analysiert. Außerdem werden die Unterschiede zwischen analoger und digitaler Produktion und Distribution aufgezeigt.

### **Kapitel 4.**

Um einen Überblick über die unterschiedlichen Verfahren zur Bildtrennung zu erhalten werden diese in einem Schema gegliedert und anschließend analysiert. Die Bildtrennungungsverfahren sind elementarer Bestandteil der stereoskopischen Projektionssysteme. Da der Aufbau der verschiedenen Projektionssysteme im Allgemeinen gleich ist, werden lediglich die analoge und digitale Architektur beschrieben.

### **Kapitel 5.**

In diesem Kapitel wird das älteste Bildtrennungungsverfahren, das Anaglyphenverfahren, erläutert. Neben diesem werden auch weitere historische Systeme betrachtet.

**Kapitel 6.**

Um das Polarisationsverfahren zu verstehen, wird erklärt, was polarisiertes Licht ist, welche Arten es gibt und wie es entsteht. Auf Grundlage dessen werden die Besonderheiten drei momentan verwendeter Polarisationsysteme Doppelprojektion, RealD und Masterimage herausgestellt.

**Kapitel 7.**

Als aktives Bildtrennungsverfahren werden die Shutter-Techniken der Firmen IMAX und Xpand und deren Merkmale betrachtet.

**Kapitel 8.**

Eine weitere Projektionstechnik, die derzeit bei der Raumbildprojektion zum Einsatz kommt, ist die Interferenzfilter - Technik. In diesem Kapitel werden die Funktionsweise und der Aufbau dieses Verfahrens näher erläutert.

**Kapitel 9.**

Die Betrachtung der Vor- und Nachteile der einzelnen Projektionsysteme erfolgt in diesem Kapitel.

**Kapitel 10.**

Die Analyse der jährlichen 3D - Filmveröffentlichungen soll dazu beitragen, herauszufinden, wann der 3D - Film Hoch- bzw. Tiefphasen erlebte. Durch die Anwendung historischer, sozialer und technologischer Bezüge soll herausgearbeitet werden, warum sich der 3D - Film so entwickelte.

**Kapitel 11.**

Um zu erfahren, welches System für die unterschiedlichen Arten von 3D - Kinos geeignet ist und sich rentiert, werden die Projektionstechniken abschließend verglichen. Mit Hilfe der in dieser Arbeit gewonnenen Kenntnisse, soll eine Prognose über die weitere Entwicklung sowie die Chancen und Gefahren, die für das 3D - Kino deutschlandweit und weltweit bestehen, aufgestellt werden.

### **1.3 Ziel dieser Arbeit**

Durch die Auseinandersetzung mit den stereoskopischen Grundlagen und den unterschiedlichen Projektionsverfahren sollen die Effizienz, Vor- und Nachteile sowie die Optimierungsmöglichkeiten zusammengetragen und geschildert werden. Unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung und Verbreitung des 3D-Films sowie dessen inhaltlicher Bestandteile soll eine Prognose über die weitere Entwicklung und den Umgang mit 3D-Inhalten erarbeitet werden. Diese Bachelorarbeit soll einen Überblick über die aktuellen digitalen stereoskopischen Projektionssysteme vermitteln und durch deren Vergleich mögliche Einsatzgebiete benennen.

## 2 Stereoskopische Grundlagen

### 2.1 Die menschliche Wahrnehmung

Die Grundlage dafür, dass der Mensch in der Lage ist, ein räumliches Bild wahrnehmen zu können, ist das binokulare Sehen, also das Sehen mit beiden Augen. Dabei erfasst jedes Auge ein Objekt aus einer geringfügig anderen Perspektive. Der Abstand den die Perspektiven zueinander haben, wird als Parallaxe bezeichnet. Anhand dieser entstehen unterschiedliche Netzhautbilder, die vom menschlichen Gehirn zu einem räumlichen Bild verarbeitet werden.<sup>[12]</sup>

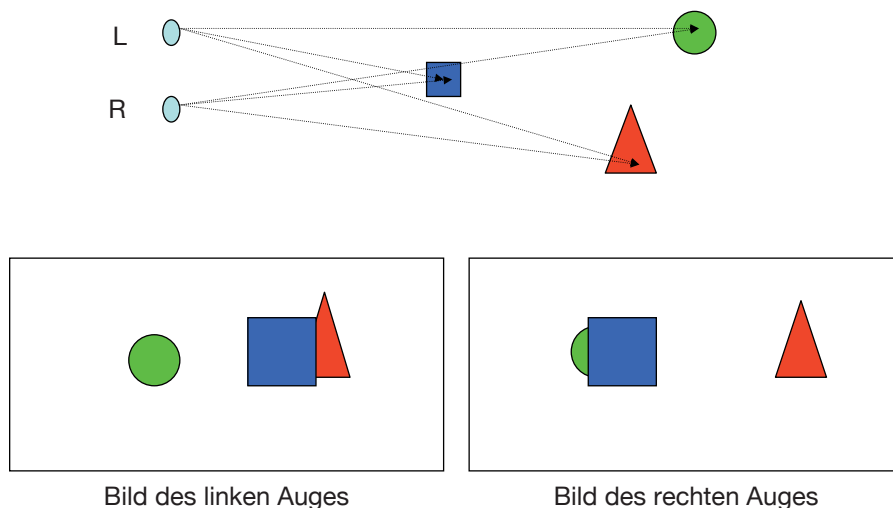


Abbildung 1: Menschliche Augen nehmen ihr Umfeld aus zwei unterschiedlichen Perspektiven wahr.<sup>[13]</sup>

In Abbildung 1 betrachten das linke (L) und das rechte Auge (R) drei im Raum befindliche Gegenstände. Jedes Auge nimmt ein differenziertes Bild wahr. Wenn man diese vergleicht, dann fällt auf, dass sie sich deutlich unterscheiden. So nimmt beispielsweise das linke Auge die rote Pyramide verdeckt vom blauen Würfel wahr und die grüne Kugel liegt allein. Anders verhält es sich mit dem rechten Auge, da ist die Kugel vom Würfel verdeckt und die Pyramide steht frei im Raum.

12 vgl. Maier, Florian: Einleitung – Stereoskopie, 29.06.2009

13 Cowan, Matt: Stereoscopic 3D - How it Works, Seite 24

Diese Veränderung ist auf die Parallaxe der Augen zurückzuführen. Im Gehirn werden die stereoskopischen Halbbilder zu einem räumlichen Bild verarbeitet.

## 2.2 Grundbegriffe der Stereoskopie

**Stereoskopisches Halbbild** - ist eines von zwei zweidimensionalen Bildern. Es wird einem bestimmten Auge, dem rechten oder linken, zugeordnet. Das menschliche Gehirn verarbeitet die stereoskopischen Halbbilder zu einem dreidimensionalen Bild. <sup>[14]</sup>

**Stereoskopisches Bildpaar** - besteht aus zwei stereoskopischen Halbbildern, die größtenteils inhaltsgleich sind, aber aus unterschiedlichen Perspektiven, mit einer Parallaxe in der Größe des Augenabstandes, aufgezeichnet wurden. Es kann auch als Stereogramm oder Stereobild bezeichnet werden.

**Netzhautbild** - ist das Bild, das auf der Rückwand eines Auges entsteht und zum Gehirn mittels Nervensträngen weitergeleitet wird. Bei natürlichem Sehen entsteht in jedem Auge ein Netzhautbild.

**Raumbild** - ist ein dreidimensionales Bild, das vom menschlichen Gehirn auf Grundlage der Netzhautbilder des linken und rechten Auges konstruiert wird. <sup>[15]</sup>

**Geisterbilder** - sind falsch zugeordnete Halbbilder, die sich störend auf die Raumbildwahrnehmung auswirken. Nimmt der Betrachter ein Geisterbild wahr, wird das entstehende Raumbild als unscharf bzw. leicht verschwommen empfunden.

---

14 vgl. Maier, Florian: Einleitung, 29.06.2009

15 vgl. ebenda



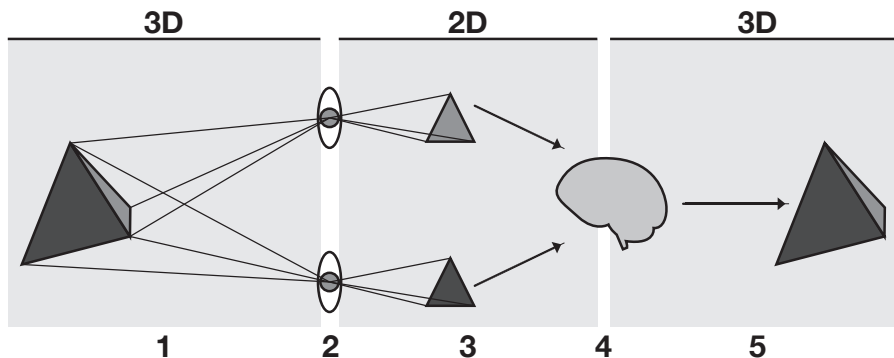


Abbildung 2: Verarbeitung eines dreidimensionalen Raumbildes

Mit Hilfe von Abbildung 2 lässt sich die Entstehung eines Raumbildes verdeutlichen. Ein dreidimensionaler Körper (1) im Raum wird von den Augen (2) wahrgenommen. In jedem Auge entsteht ein zweidimensionales Netzhautbild (3). Diese sind raumparallaktisch verschieden, allerdings weitgehend inhaltsgleich. Die beiden Netzhautbilder gelangen über die Nervenbahnen zum Gehirn (4). Dort werden die Bilder verarbeitet und es entsteht ein dreidimensionales Raumbild (5). Wenn das Raumbild einen form- und größenrichtigen Eindruck des Körpers vermittelt, spricht man von einem naturgetreuen Raumbild. Der im allgemeinen Sprachgebrauch verwendete Begriff „3D-Bild“ stellt nur einen Sammelbegriff, für ein Bild, dass bei der Betrachtung mit beiden Augen eine Tiefenwahrnehmung vermittelt, dar.<sup>[16]</sup>

### 2.3 Umsetzung eines Raumbildes

Um ein Raumbild entstehen zu lassen, wird ein ähnliches Verfahren wie beim natürlichen Sehen angewendet. Dabei nutzt man die Eigenschaften des menschlichen Gehirns, um eine räumliche Illusion zu schaffen. Das Raumbild muss nicht mit einem „3D-Effekt“ aufgenommen werden, es reichen zwei so genannte Flachbilder (1), das stereoskopische Bildpaar (siehe Abbildung 3), aus.

16 Waack, Fritz. G.: Allgemeine Technische Begriffe der Stereoskopie (Raumbildwesen), 02.07.2009

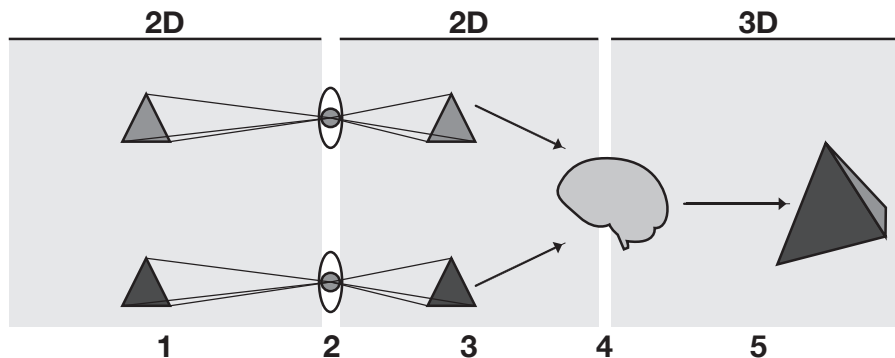


Abbildung 3: Entstehung eines Raumbildes aus einem Stereobild

Das bedeutet, dass für das rechte und das linke Auge (2) je ein Bild vorliegen muss. Welche Bedingungen die Halbbilder erfüllen müssen, wird im Punkt 1.4 genannt. Die im Auge entstehenden Netzhautbilder werden über die Nervenbahnen an das Gehirn weitergeleitet. Dort wird das Netzhautbild verarbeitet und ein Raumbild erzeugt. [17]

## 2.4 Bedingungen für räumliche Aufnahmen

Damit ein Raumbild im menschlichen Gehirn entstehen kann, müssen mehrere Bedingungen an das Stereobild gestellt werden. Gerhard P. Herbig, Technischer Beirat der Deutschen Gesellschaft für Stereoskopie (DGS) und Verantwortlicher für digitale 3D-Projektion der DGS [18], verfasste zu diesem Thema vier Anforderungen, die Stereobilder für das Entstehen von Raumbildern erfüllen müssen. [19]

1. Beide Aufnahmen müssen dasselbe Objekt zeigen, jedoch mit einem seitlichen versetzten Standort, dabei müssen die Aufnahmeachsen genau parallel verlaufen und dürfen weder verkantet noch verdreht sein.
2. Um ein naturgetreues Raumbild zu erhalten, darf der Abstand der beiden Aufnahmeachsen, auch Stereobasis genannt, nicht zu groß gewählt werden.

---

17 Herbig, Gerhard P.: Stereofotografie heute, 24.06.2009

18 Herbig, Gerhard P.: Interview

19 Herbig, Gerhard P.: Stereofotografie heute, 24.06.2009

Die Stereobasis sollte in etwa dem Augenabstand entsprechen, dieser beträgt ungefähr 65 mm. Kleinere Abweichungen von diesem Wert sind möglich und beeinträchtigen das Stereobild nur geringfügig. Beträgt die Abweichung allerdings mehr als 3,5 mm, wird der Raumeindruck deutlich beeinträchtigt.

3. Die Einstellungen, die für beide Aufnahmen gewählt werden, müssen identisch sein. Das betrifft unter anderem die Brennweite, die Schärfe, die Belichtung und die verwendeten Filter. Am besten kann man dieses Problem lösen, indem man identische Kameras verwendet. So muss man sich keine unterschiedlichen Anweisungen für Einstellungen merken.
4. Unschärfen in den Halbbildern sollten vermieden werden, da diese im entstehenden Raumbild als unrealistisch wahrgenommen werden.

Bei der stereoskopischen Aufnahme von Bildern gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen die parallele Aufnahme, bei der die Kameras zeitlich bzw. übereinander versetzt aufzeichnen und zum anderen die konvergierende Aufnahme. Dort sind die Kameras so angeordnet, dass sie die Bilder für das rechte und linke Auge im Winkel zueinander aufnehmen. (Abbildung 4)<sup>[20]</sup>

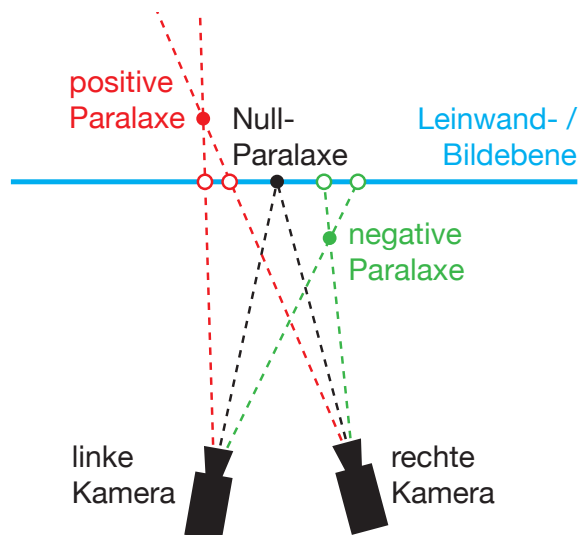


Abbildung 4: Konvergierte Kameraanordnung<sup>[21]</sup>

---

20 vgl. Dauerer, Verena: Neues Sehen

21 vgl. ebenda

Durch eine konvergierte Anordnung der Kameras entstehen unterschiedliche Parallaxen. Objekte, die sich vor der Leinwandebene befinden (grün), besitzen eine negative Parallaxe. Ähnlich verhält es sich mit Objekten, die sich hinter der Leinwandebene befinden (rot), diese besitzen eine positive Parallaxe, da sie im Vergleich zur Nullparallaxe (schwarz) einen größeren Abstand zu den Kameras besitzen. Die Nullparallaxe befindet sich direkt auf der Leinwandebene. Die Leinwandebene bezeichnet die Ebene, auf welche die Kameras hauptsächlich ausgerichtet sind. <sup>[22]</sup>

---

22 vgl. ebenda

## 3 Filmproduktion / Distribution

### 3.1 3D - Kamerasysteme

Die Bezeichnung „3D - Kamera“ ist eine sehr ungenaue und damit irreführende Bezeichnung. Es gibt diverse Modelle von 3D - Kamerasystemen, die für unterschiedliche Zwecke verwendet werden. Die Anwendung einer bestimmten Kameraart richtet sich nach dem Ergebnis, welches man erhalten möchte. Beispielsweise wird das TOF - Kamerasystem in der Messtechnik, der industriellen Bildverarbeitung, der Robotik und der Medizin eingesetzt. Bei diesem System wird die Umgebung mittels Licht vermessen. Ein weiteres System, welches unter anderem zur Vermessung von Umgebungen verwendet wird, ist das Triangulationssystem. Da es sich ebenfalls nicht zur Produktion von 3D - Filmmaterial für die anschließende stereoskopische Wiedergabe in Kinos eignet, wird es nicht weiter betrachtet. <sup>[23]</sup>

Für die Aufzeichnung eines 3D - Filmes sind lediglich zwei Perspektiven nötig. Diese können mit einem Stereokamerasystem aufgezeichnet werden. Ein Stereokamerasystem besteht aus zwei Kameras, welche zeitgleich aufnehmen müssen. Die aufgenommenen Bilder müssen einen Perspektivabstand in der Größe des Augenabstandes besitzen <sup>[24]</sup>. Für die Justierung und Ausrichtung der Kameras ist ein Stereograph verantwortlich <sup>[25]</sup>

Damit die stereoskopischen Bildpaare bei der späteren Projektion einen räumlichen Effekt erzeugen, müssen sie laut Gerhard P. Herbig die gleichen Einstellungseigenschaften besitzen (siehe Kapitel 2.4). Aus diesem Grund ist es nötig, zwei Kameras des gleichen Modells zu verwenden.

---

23 vgl. Wikipedia: TOF-Kamera, 26.06.2009

24 vgl. Kinoton.de: So funktioniert 3D im Kino, 26.06.2009

25 Dauerer, Verena: Neues Sehen

### 3.2 Produktion und Vertrieb analoger Filme

Ob ein Projektionssystem analog oder digital ist, entscheidet man anhand des Filmmaterials. Bei analogen Filmen handelt es sich in der Regel um 35 mm - Filme. Eine Ausnahme bildet beispielsweise die Firma IMAX, deren Filme auf 70 - mm - Filmen aufgenommen und vertrieben werden. Die mit diesem Material erreichte Bildfläche und Auflösung ist rund zehnmal größer, als bei 35 mm - Material. Allerdings muss aufgrund der größeren Maße der Film bei der Projektion horizontal geführt werden, bei 35 mm - Material wird der Film vertikal geführt. <sup>[26]</sup>

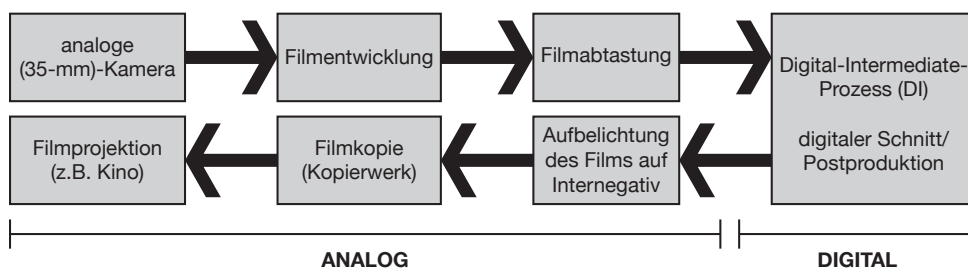


Abbildung 5: Entstehungsprozess eines analogen Films

Abbildung 5 verdeutlicht den Prozess von der Produktion bis zum Endverbraucher, den Kinos. Bei heutigen Produktionen, bei denen die Aufnahmen auf analogen Kameras gemacht werden, wird ein 35 mm - Film verwendet. Dieser wird anschließend entwickelt und bevor das Rohmaterial digital bearbeitet werden kann, abgetastet. Der Schnitt bzw. die Postproduktion finden an Computern statt, die nach Fertigstellung des Film einen digitalen Master erzeugen, einen so genannten Digital-Intermediate-Master. Bei fast jeder Produktion findet momentan ein DI-Prozess statt, welcher dazu führt, dass Kopierverluste minimiert werden können. Denn eine Belichtung des Rohmaterials, für eine nachfolgende manuelle Bearbeitung, beinhaltet, dass das Material beschädigt und dessen Qualität gemindert wird. <sup>[27]</sup>

Ein analoger 35 mm - Film besitzt in etwa eine digitale Auflösung von 8k (8.192 Pixeln). Die Bezeichnung „k“ steht dabei für Kilo (1.024) und bezeichnet die Anzahl der Bildpunkte (Pixel) in horizontaler

26 vgl. Janssen, Jan-Keno: IMAX wird digital: Hausmannskost statt High-End

27 vgl. Janssen, Jan-Keno: Rollentausch - Zelluloid ade, hier kommt HD

Richtung. Dadurch entsteht ein enormes Datenvolumen, sodass bei der Postproduktion lange Zeit nur Material mit einer Auflösung von 2.048 Pixel verarbeitet werden konnte. Diese Problematik wird in Kapitel 3.2 ausführlich beschrieben. <sup>[28]</sup>

Die digitale Bearbeitung ersetzt diesen Schritt, indem ein Interpositiv erzeugt wird. Der entstehende DI-Master wird auf eine Inter-negativ-Version belichtet, von dieser werden im Kopierwerk die Filmkopien für die Kinos hergestellt. Eine Filmkopie, die bei einem 90 min 2D - Film auf fünf Rollen kopiert, kostet dabei rund 1.000 Euro und wiegt rund 45 kg. <sup>[29]</sup>

### 3.3 Produktion und Vertrieb digitaler Filme

Der überwiegende Teil der aktuellen Filmproduktionen wird mit digitaler Technik aufgezeichnet. Um die Qualität der analogen Filme annähernd zu erreichen, ist eine Auflösung von 4k notwendig. 4k entspricht in etwa vierfacher Full - HD - Qualität (Tabelle 1).

Bezeichnung	Auflösung in Pixel	Format
35 mm - Film	8.192 x 4.096*	2:1
4k	4.096 x 2.160	1,9:1
	4.096 x 2.300	1,78:1
4k (CS-Format)	4.096 x 1.714	2,35:1
2k	2.048 x 1.150	1,78:1
Full-HD	1.920 x 1.080	1,78:1

\*theoretische Auflösung (entspricht 8k)

*Tabelle 1: Filmauflösungen und -formate <sup>[30]</sup><sup>[31]</sup>*

Noch bis ins Jahr 2007 gab es Probleme, Videomaterial mit einer Auflösung von 4.096x2.300 Pixel zu verarbeiten. Denn pro Sekunde Film, mit 24 Bildern und einer Farbtiefe von 36 Bit, werden ungefähr

---

28 vgl. ebenda

29 vgl. ebenda

30 FFA - Filmförderungsanstalt: Prinzip D-Cinema nach DCI, 27.07.2009

31 Janssen, Jan-Keno: Rollentausch - Zelluloid ade, hier kommt HD

970 MByte Speicherplatz benötigt. Für einen normalen Spielfilm mit einer Länge von 90 min ergibt das ein Volumen von circa 5 TByte. Da bei einer dreidimensionalen Produktion allerdings zwei Perspektiven nötig sind, verdoppelt sich dieser Wert. <sup>[32]</sup>

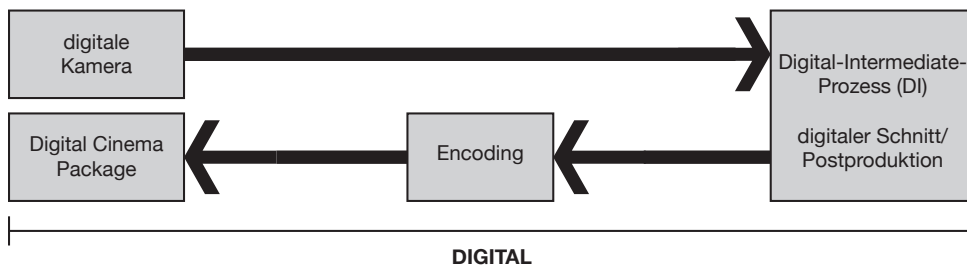


Abbildung 6: Entstehungsprozess eines digitalen Films

Der Vorteil bei der digitalen Verarbeitung ist, dass die Qualität des Materials gleichbleibend ist und eine schnelle Verarbeitung erfolgen kann, da zeitaufwendige Schritte wie die Filmentwicklung, -abtastung und -belichtung nicht mehr notwendig sind. Das Material kann nach der Aufzeichnung mit einer digitalen Kamera direkt weiterverarbeitet werden. (Abbildung 6) <sup>[33]</sup>

Die sieben größten US-amerikanischen Filmstudios haben sich zur Digital Cinema Initiatives (DCI) zusammengeschlossen und Normen für die fertigen Filme, welche die Kinos erhalten, ausgearbeitet. Da für die meisten Kinos ein 4k - Projektor eine zu hohe finanzielle Belastung darstellt, erlaubt die DCI - Spezifikation neben der 4k - Auflösung auch eine 2k - Auflösung. Die Minimalanforderungen, welche die finalen Master-Daten erfüllen müssen, sind in Tabelle 2 aufgeführt.

---

32 vgl. ebenda

33 vgl. ebenda



	2k	4k
Auflösung	2.048 x 1.080 Pixel	4.096 x 2.160 Pixel
Bildkomprimierung	JPEG 2000	JPEG 2000
Ton	16 Bit Audio	16 Bit Audio
Sonstiges	Untertitel	Untertitel

Tabelle 2: Minimalanforderungen an Master-Daten laut DCI<sup>[34]</sup>

Durch die Bildkomprimierung mittels JPEG 2000 kann das Datenvolumen eines 90-minütigen 3D-Films mit 4k-Auflösung von ursprünglich rund 10 TB auf ungefähr 330 GB verringert werden.<sup>[35]</sup>

Die Daten des Masters werden, bevor sie an die Kinos versandt werden, mittels AES-128-Algorithmus verschlüsselt. Diese Art der Verschlüsselung kann derzeit nur mit dem jeweiligen Key decodiert werden. Der so entstandene Digital Cinema Package (DCP) kann auf verschiedenen Wegen zu den Kinos transportiert werden. Beispiele für solche Distributionswege sind Festplatten, die per Kurierdienst zugestellt werden und Datenströme über Satelliten oder Netzwerke.<sup>[36]</sup>

Einige Studios wenden beim Bearbeiten ihrer Filme „Ghostbusting“ an, um das Entstehen störender und ungewollter Geisterbilder zu mindern. Da dieses Verfahren ziemlich kostenintensiv ist, wird es hauptsächlich von den großen Hollywood-Studios angewandt. Somit erhalten die 3D-Kinos von den Verleihern Filme mit und ohne „Ghostbusting“. Bei Digital Cinema ist das Entstehen von Geisterbildern durch die verbesserte Synchronisation der einzelnen Elemente gering.<sup>[37]</sup>

Wie die Daten im Kino verarbeitet und letztlich projiziert werden, wird in Kapitel 4.3 erläutert.

34 vgl. FFA - Filmförderungsanstalt: Prinzip D-Cinema nach DCI, 27.07.2009

35 Janssen, Jan-Keno: Rollentausch - Zelluloid ade, hier kommt HD

36 vgl. FFA - Filmförderungsanstalt: Prinzip D-Cinema nach DCI, 27.07.2009

37 Nikol, Dominique

## 4 Projektionsverfahren und -systeme

### 4.1 Bildtrennverfahren

Um dreidimensionale Filme wiedergeben zu können, benötigt man Raumbildprojektoren, die stereoskopische Bilderpaare mittels Bildtrennverfahren projizieren. Die verschiedenen Bildtrennverfahren werden in Abbildung 7 schematisch gegliedert.<sup>[38]</sup>

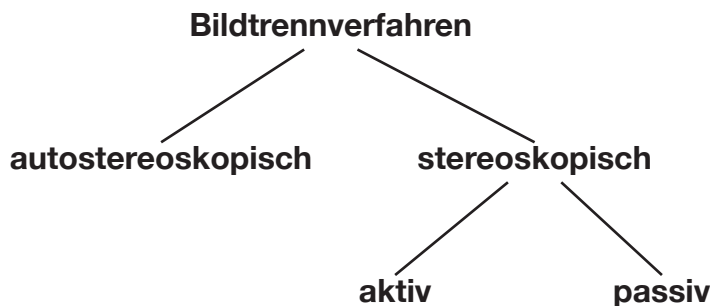


Abbildung 7: Mögliche Gliederung der Bildtrennverfahren

Prinzipiell unterscheidet man dabei zwischen autostereoskopischen und stereoskopischen Bildtrennverfahren. Das erstere zeichnet sich dadurch aus, dass man für die Wahrnehmung räumlicher Tiefe keine Hilfsmittel, wie 3D-Brillen, benötigt.<sup>[39]</sup> Beispiele für diese Technik sind zum Beispiel das VISIDEP™-Verfahren und die Drahtgitter-Leinwand. Eine Wiedergabe mittels Drahtgitterleinwand eignet sich nur für eine sehr geringe Anzahl von Betrachtern, aus diesem Grund wird diese Technik im weiteren Verlauf nicht weiter erläutert.

Beim stereoskopischen Bildtrennverfahren werden hingegen 3D-Brillen benötigt, diese sind an das jeweilige Projektionsverfahren angepasst, was bedeutet, dass es mehrere Arten von 3D-Brillen gibt. Dieses Verfahren lässt sich nochmals in zwei grundlegende Systeme, und zwar aktive und passive Bildtrennung, unterteilen. Zu den aktiven Bildtrennungsverfahren wird beispielsweise die Shutter-Technik gezählt.

38 more3D GmbH: Stereoskopie ist natürliches Sehen - 3-D-Stereo, 26.06.2009

39 Maier, Florian: Grundsätzliches zu den 3D-Verfahren, 26.06.2009

Zur passiven Bildtrennung zählen die farbcodierte Bildtrennung, das Polarisationsverfahren sowie die Trennung durch Interferenzfilter. [40]

Im Gegensatz zur zweidimensionalen Wiedergabe eines Films ist bei der Raumbildprojektion ein höherer technischer Aufwand nötig. Dieser ist darauf zurückzuführen, dass stereoskopische Halbbilder projiziert werden müssen. Dies geschieht entweder gleichzeitig oder zeitlich versetzt. Was zur Folge hat, dass die Projektionssysteme entweder aus zwei Projektoren, einem Projektor mit zwei Objektiven oder einem Projektor mit nur einem Objektiv bestehen. Ein weiterer wichtiger Punkt, der für das räumliche Wahrnehmen von großer Bedeutung ist, ist die eindeutige Trennung der Halbbilder für das rechte und linke Auge. Denn nur, wenn jedes Auge das für sich bestimmte Halbbild wahrnimmt, kann im Gehirn ein Raumbild entstehen. [41]

## 4.2 Allgemeine Architektur analoger Projektionssysteme

Die Technik, die seit den Anfängen der stereoskopischen Projektion verwendet wird, ist die analoge Technik. Bei diesem System erhält das Kino für einen einzigen 90 Minuten 3D-Film 10 Filmrollen. [42]

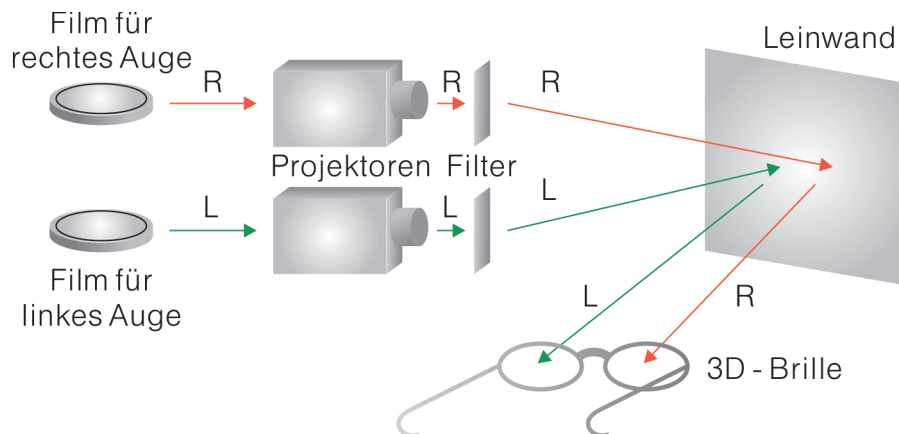


Abbildung 8: Allgemeine Architektur bei analoger Projektion

---

40 more3D GmbH: Stereoskopie ist natürliches Sehen - 3-D-Stereo, 26.06.2009

41 vgl. Zhang, Kui: 3DWiedergabe (Projektion)

42 vgl. Cinebyte: 35-mm-Film - Laufzeit, Filmlänge, 24.07.2009

Im folgenden allgemeinen Aufbau wird die Übertragung und Wiedergabe des Tonsignals nicht betrachtet. Grundlage bei der analogen Projektionstechnik sind zwei Filmbänder, die parallel abgespielt werden. Jeder Film läuft durch einen der beiden Projektoren. Dabei ist zu beachten, dass jeder Projektor das richtige Halbbild für das entsprechende Auge projiziert. Vor den Linsen der Projektoren befinden sich systemspezifische Filter, die bewirken, dass eine spätere Bildtrennung möglich ist. Nachdem das Licht die Filter passiert hat, wird es auf eine Leinwand geworfen. Dort überlagern sich die stereoskopischen Halbbilder und werden reflektiert. Die Trennung der überlagerten Bilder findet mit Hilfe einer 3D-Brille statt. Wie die 3D-Brille funktioniert, ist abhängig vom eingesetzten Bildtrennungsverfahren. Nachdem die Halbbilder von einander getrennt wurden, werden sie von den Augen wahrgenommen und im Gehirn erfolgt die Weiterverarbeitung zu einem Raumbild.

In der ersten Hochphase des 3D-Kinos wurde neben dem Anaglyphenverfahren auch das Polarisationsverfahren eingesetzt. <sup>[43][44]</sup>

### 4.3 Allgemeine Architektur digitaler Projektionssysteme

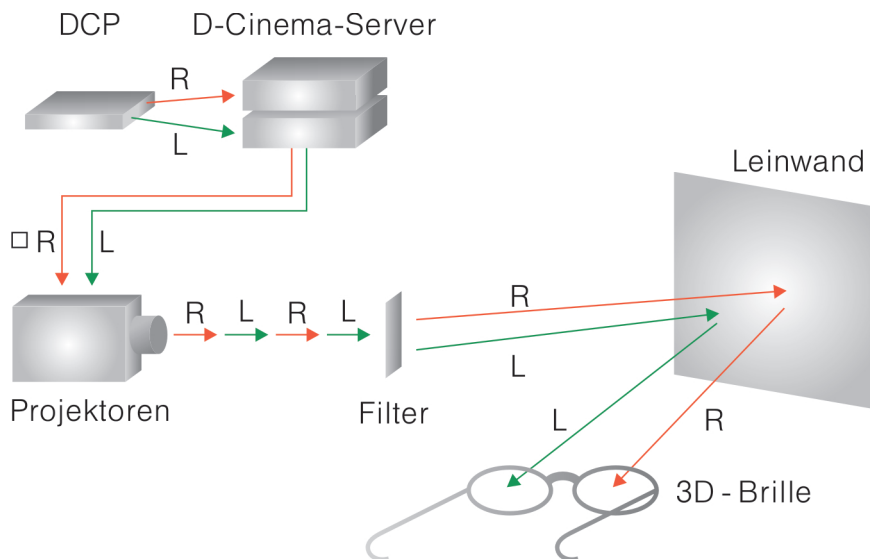


Abbildung 9: Allgemeine Architektur bei digitaler Projektion mit einem Projektor

---

43 BR-online: Von der 2D- zur 3D-Projection im Kino, 27.07.2009

44 Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

Für die digitale Projektion (D-Cinema) eines 3D - Films werden folgende Komponenten nach DCI-Spezifikation benötigt:

- Digital Cinema Package
- Zentrales Kinomanagement „SMS“
- Server
- Digital Cinema Projektor
- Filter (nicht bei allen Verfahren)
- Leinwand
- 3D - Brille

Die Übertragung und Wiedergabe des Tonsignals wird nicht weiter betrachtet. Eine grundlegende Anforderung an den **Server** ist, dass er Filmdaten mit 2k - sowie 4k - Auflösung verarbeiten kann. Zudem muss er kompatibel sein, um mit 2D - sowie 3D - Inhalten umgehen zu können, da derzeit noch mehr zweidimensionale Filme produziert werden <sup>[45]</sup>. Mit diesen Anforderungen kann sichergestellt werden, dass sich eine solche Anschaffung für die Kinobetreiber lohnt. <sup>[46]</sup>

Mit Hilfe des Servers können einzelne Feineinstellungen an den Wiedergabeoptionen vorgenommen werden. Solche Einstellungen sind unter anderem Farbrang, Bildgröße und Format. <sup>[47]</sup>

Um eine stabile Verarbeitung und Wiedergabe der Daten zu gewährleisten, wird auf dem Server Linux als Betriebssystem verwendet. Im Dresdner UFA Kristallpalast lief der Server beispielsweise anfänglich auf Windows-Basis, jedoch war die Verarbeitung des Datenmaterials instabil, sodass es zu Systemabstürzen kam. Mit dem Einsatz von Linux konnte dieses Problem behoben werden. <sup>[48]</sup>

Der Server bezieht seine Daten aus dem **Digital Cinema Package** (DCP). Dieser wird den Kinos von den Filmverleihen geliefert (siehe Kapitel 3.3). Durch das **Zentrale Kinomanagement** „SMS“ können die verschlüsselten Daten auf dem DCP decodiert werden. Dazu erhält jedes Kino eine Keydatei, die auf einen bestimmten Projektor

---

45 vgl. Cowan, Matt: 3D Systems - Venice Film Festival, 14.07.2009

46 vgl. ebenda

47 Nikol, Dominique

48 Pelzer, Stefan

fixiert ist. Erst, wenn die Keydatei die Daten auf dem Server freigibt, erhält der Projektor über zwei SDI-Kabel oder ein Dualkabel die Filmdaten vom Server<sup>[49], [50]</sup>

Folglich benötigt der **Digital Cinema Projektor** zwei SDI-Videoeingänge, an welche die vom Server kommenden Videokabel angeschlossen werden.

Die DCI hat in ihrer Spezifikation festgelegt, dass die Projektoren kompatibel mit 2k- und 4k-Material sein müssen.<sup>[51]</sup> Als Grund nennt die Filmförderungsanstalt FFA: „...der Einsatz eines solchen 4k-Projektors [ist] extrem teuer [...]. So teuer, dass sich heute die Mehrzahl der Kinobetreiber ein solches Highlight (noch) nicht erlauben können.“<sup>[52]</sup>

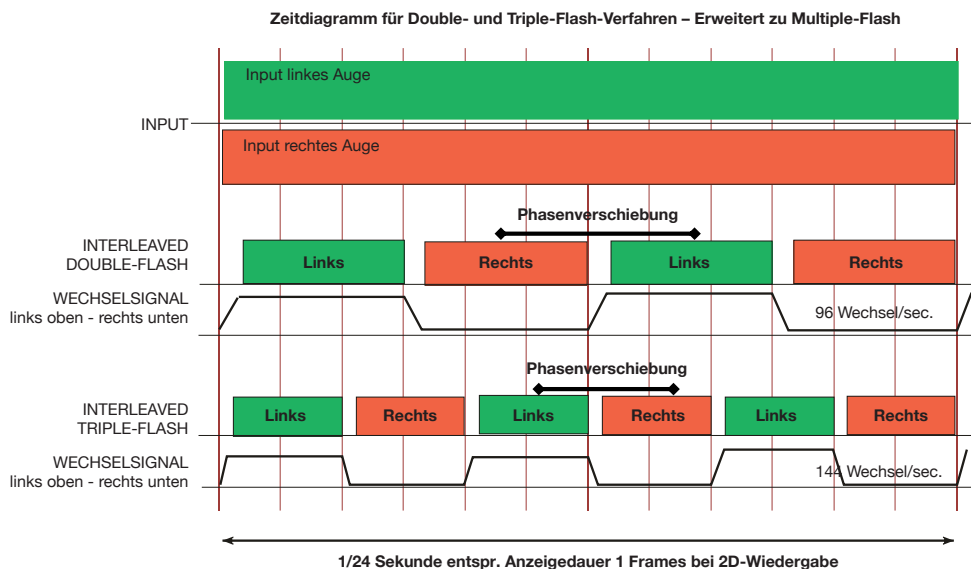


Abbildung 10: Zeitdiagramm mit „Double Flash“ und „Triple Flash“-Technik<sup>[53]</sup>

49 Pelzer, Stefan

50 vgl. Janssen, Jan-Keno: Revolution auf Raten - Die digitale Umrüstung der deutschen Kinos läuft schleppend

51 vgl. Janssen, Jan-Keno: Rollentausch - Zelluloid ade, hier kommt HD

52 FFA - Filmförderungsanstalt: Prinzip D-Cinema nach DCI, 27.07.2009

53 vgl. Cowan, Matt: REAL D 3D System; Seite 3

Standardmäßig werden bei einem zweidimensionalen Film 24 Bilder, auch Frames genannt, in einer Sekunde wiedergegeben. Die DCI hat in ihren Normen festgelegt, dass bei einer 3D-Projektion 48 Bilder pro Sekunde gezeigt werden müssen. Damit das Flimmern der Bilder verringert wird, legte die DCI 2007 fest, dass jedes Halbbild dreimal gezeigt werden muss<sup>[54]</sup>. Dieses Verfahren nennt sich „Triple Flash“ und bewirkt, dass jedes stereoskopische Bildpaar in 1/24 Sekunden dreimal gezeigt wird (Abbildung 10).

Die Framesequenz lässt sich abstrahiert darstellen durch:  
„L1R1L1R1L1R1 – L2R2L2R2L2R2 – ...“.

L1 steht dabei für das erste linke Halbbild und R1 für das erste rechte Halbbild. Somit werden bei der Projektion eines dreidimensionalen Films mittels „Triple Flash“ 144 Bildwechsel pro Sekunde erreicht.<sup>[55]</sup>

In den Architekturvorgaben der DCI wird auch eine Aussage über alternative Inhalte wie Live-Übertragungen von Konzerten, Sportereignissen oder Werbung getroffen. Damit diese ebenfalls eingespeist und wiedergegeben werden können, muss der Projektor über einen zusätzlichen Eingang verfügen.<sup>[56]</sup>

Vor den Projektor und dessen Linse wird ein systemspezifischer **Filter** installiert. Dieser ist jedoch nicht bei allen digitalen Projektionsverfahren notwendig. Der Filter bewirkt, genau wie beim analogen System, dass eine spätere Bildtrennung möglich ist. Die restliche Anordnung entspricht grundlegend dem allgemeinen Aufbau der analogen Projektionssysteme (siehe Kapitel 4.2).

---

54 vgl. Janssen, Jan-Keno: IMAX wird digital: Hausmannskost statt High-End

55 vgl. RealD; Cowan, Matt; REAL D 3D System; Seite 3; 14.07.2009

56 vgl. FFA - Filmförderungsanstalt: D-Cinema in der Praxis, 28.07.2009

## 5 Historische Bildtrennverfahren

### 5.1 Das Farbanaglyphenverfahren

Das bekannteste stereoskopische Bildtrennverfahren ist das „Anaglyphenverfahren“. Das Wort Anaglyph hat seinen Ursprung in der griechischen Sprache und bedeutet „Reliefschnitzerei“ bzw. „herausgemeißelt“<sup>[57]</sup>. Das bedeutet, dass mit einem Anaglyphenbild nicht nur ein farbcodiertes Stereogramm, sondern Stereogramme im Allgemeinen gemeint sind. Allerdings ist in dem meisten Fällen vom Farbanaglyphenverfahren die Rede.

Im Jahre 1853 entwickelte der deutsche Mathematiker Wilhelm Rollmann in Leipzig das Anaglyphenverfahren mittels Rot - Grün - Filter, die „[...] die am häufigsten angewandte Methode [ist] und [...] aufgrund ihrer Popularität schon fast zum Inbegriff der Stereoskopie geworden [ist].“<sup>[58]</sup>

Das Anaglyphenverfahren gehört zu den passiven Bildtrennungsverfahren. Der Begriff „passiv“ ist darauf zurückzuführen, dass die 3D - Brille die stereoskopischen Halbbilder nicht dem rechten oder linken Auge zuordnen muss. Die Filter der Brille lassen nur Stereogramme für das entsprechende Auge durch. Die für das jeweils andere Auge bestimmten Halbbilder werden neutralisiert und können nicht wahrgenommen werden. Somit findet keine aktive Trennung der Bilder statt.

#### 5.1.1 Entstehung und Aufbau eines Farbanaglyphenbildes

Das System der Farbanaglyphentechnik beruht auf der Überlagerung von gefärbten Halbbildern. Bei den dabei verwendeten Farben handelt es sich um Komplementärfarben, also Farben, die sich im Farbkreis gegenüberstehen. Die wichtigste Eigenschaft der Komplementärfarben ist, dass sie im Kontrast zueinander stehen. Der Kontrast ist dabei am größten, wenn man Farben nimmt, die sich im Farbkreis direkt gegenüberstehen.

---

57 vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Stereobilder und Verzerrungen - anaglyphe und anamorphe Bildbearbeitung, Seite 4, 29.06.2009

58 Maier, Florian: Das Anaglyphenverfahren, 29.06.2009



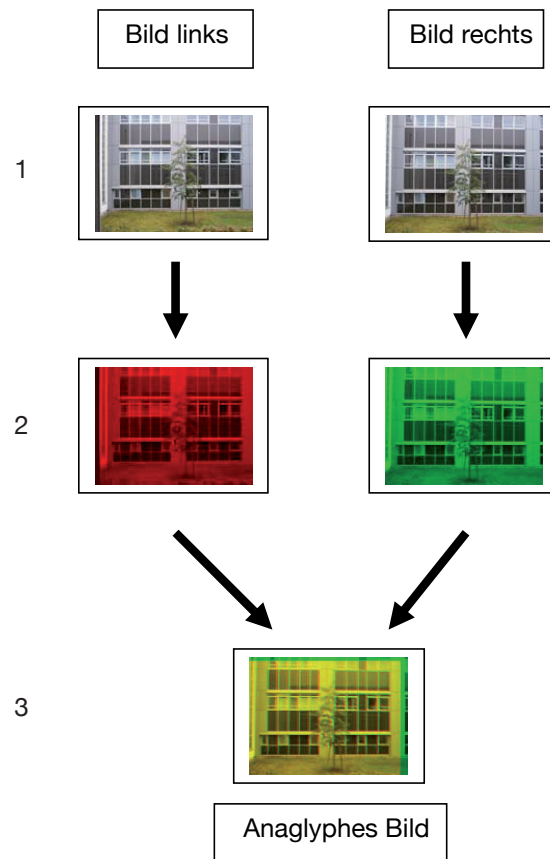


Abbildung 11: Entstehung und Aufbau eines Farbanaglyphenbildes <sup>[59]</sup>

Der Grundaufbau (Abbildung 11) eines farbcodierten Stereogramms beruht auf zwei horizontal versetzten Halbbildern (1), bei dem jedes anders gefärbt ist. In den meisten Fällen ist das eine Bild rot und das andere grün (2). Die beiden Bilder werden übereinander gelagert und ergeben das Stereobild (3). Die Einfärbung bei Filmen erreicht man dadurch, dass vor die Objektive der beiden Kameras eine rote und eine grüne Folie gespannt wird. Später werden die beiden Filmaufnahmen überlagert und ergeben die Stereobilder.

---

59 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Stereobilder und Verzerrungen - Anaglyphe und anamorphe Bildbearbeitung; Seite 2

### 5.1.2 Die Farbanaglyphenbrille

Da es sich bei dieser Technik um ein stereoskopisches Bildtrennungsverfahren handelt, wird zum Wahrnehmen eines Raumbildes eine 3D-Brille benötigt. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass sich vor jedem Auge ein Farbfilter befindet. Die Farben müssen dabei denen des Farbanaglyphenbildes entsprechen. Die gebräuchlichste Farbanaglyphenbrille besitzt eine rote und eine grüne Farbfolie. Die Abbildung 12 soll die Funktionsweise einer solchen Brille verdeutlichen.

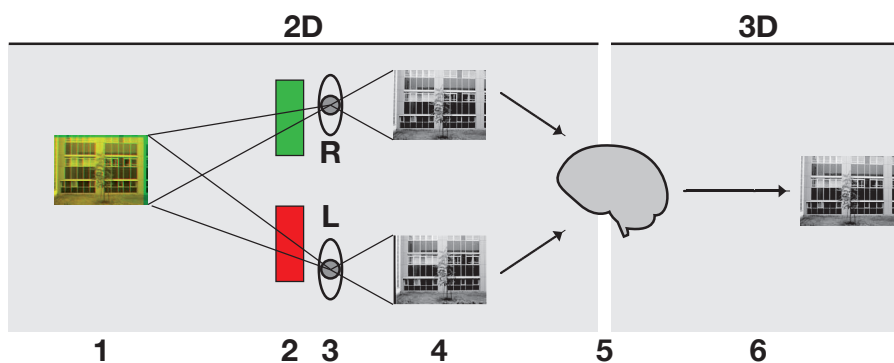


Abbildung 12: Funktionsweise einer Farbanaglyphenbrille <sup>[60]</sup>

Wenn man ein Farbanaglyphenbild (1) mit bloßen Augen betrachtet, dann sieht man ein unsauberes Bild mit doppelten Konturen, welches einen extremen Farbstich besitzt. Betrachtet man dieses Bild nun durch eine Farbanaglyphenbrille (2) entsteht auf der Netzhaut des jeweiligen Auges (3) ein anderes Netzhautbild (4). Was darauf zurückzuführen ist, dass beispielsweise die rote Folie rotes Licht absorbiert und die grünen Farbanteile passieren lässt. Analog verhält es sich mit der grünen Folie. Die Folien dienen also bei diesem Bildtrennungsverfahren als Filter, die jedoch bewirken, dass die Farbinformationen verloren gehen und im Gehirn (5) ein farblich verfälschtes Raumbild (6) entsteht. <sup>[61]</sup>

Bei der Benutzung einer Farbanaglyphenbrille ist zu beachten, dass die Färbung der Halbbilder der Farbe der Farbfilter vor dem jeweiligen Augen entspricht, da es ansonsten nicht zu einem räumlichen Effekt kommt.

60 vgl. ebenda

61 Maier, Florian: Das Anaglyphenverfahren, 01.07.2009

## 5.2 VISIDEP™ - Technik

Die VISIDEP™ - Technik ist ein autostereoskopisches Verfahren und eines der wenigen, das ohne Hilfsmittel auskommt. Die Abkürzung „VISIDEP“ steht für Visual Image Depth Enhancement By Parallax Induction<sup>[62]</sup>, zu Deutsch: Visuelle Bildtiefenerweiterung mittels parallaxischer Induktion. Im Jahre 1981 beschrieben E.R. Jones, jr., A. P. McLaurin und L. Cathey zum ersten Mal die Funktionsweise der VISIDEP™-Technik. Sie nutzten die Eigenschaft des normalen Sehens aus, um ein Raumbild zu erzeugen. Diese Eigenschaft verdeutlicht, dass Objekte, die sich weiter entfernt vom Betrachter befinden, bei wechselnder Perspektive kaum ihre Position ändern. Anders verhält es sich bei Objekten, die näher beim Betrachter stehen. Solche Objekte verändern ihre Position stärker bei einer wechselnden Perspektive.<sup>[63]</sup>

Durch Nutzung von regelmäßigen Bewegungsüberlagerungen entsteht so ein dreidimensionales Bild<sup>[64]</sup>. Mit Hilfe dieses „Wechsels der Bedeckung ferner Gegenstände durch Nähere“<sup>[65]</sup> kann im menschlichen Gehirn ein Raumbild entstehen. Wenn nun auf einer Leinwand zwei Perspektiven nacheinander, in einer bestimmten Frequenz, betrachtet werden, „so bekommt das vertikal pumpende zweidimensionale Bild einen Tiefeneindruck.“<sup>[66]</sup>

Um einen Film mittels VISIDEP™ - Verfahren aufzeichnen zu können, muss ein technischer Aufbau, ähnlich wie in Abbildung 13, gewährleistet sein.

Die beiden Kameras K1 und K2 (Abbildung 13) stehen vertikal übereinander, da die Parallaxe B ungefähr 15 mm betragen muss<sup>[67]</sup> und eine Aufzeichnung eines Stereobildes so nicht möglich wäre, nimmt man zwei Spiegel zur Hilfe. Der eine Spiegel S2 ist dabei halbtransparent, sodass die Kamera K2, die sich hinter diesem Spiegel befindet, ungehindert das Objekt aufnehmen kann. Die Kamera K1 nimmt ihr Bild vom undurchlässigen Spiegel S1 auf.

---

62 Schlam, Scott; Seite 16

63 vgl. Maier, Florian: Das VISIDEP-Verfahren, 26.06.2009

64 Heiden, Wolfgang; Seite 11

65 Kemner, Gerhard; Seite 91

66 vgl. Maier, Florian: Das VISIDEP-Verfahren, 26.06.2009

67 vgl. Kemner, Gerhard; Seite 91

Dieser reflektiert das Bild des Spiegels S<sub>2</sub>, das Bild hat dabei einen perspektivischen Abstand von B, der Parallaxe. Mittels der Kontroll-einheit werden die beiden Halbbilder in einer Frequenz von 4 Hz<sup>[68]</sup> an den Fernseher weitergeleitet.

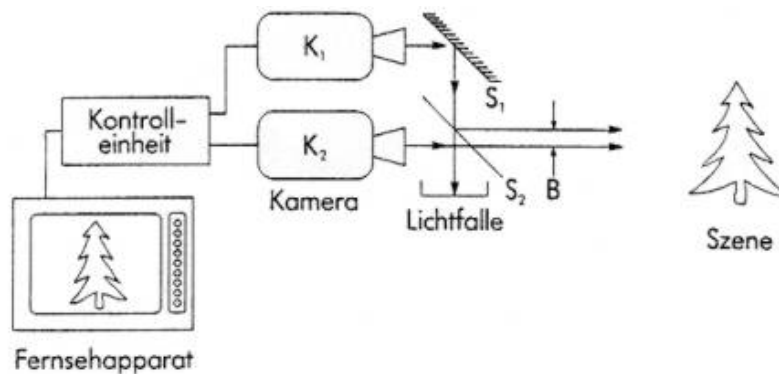


Abbildung 13: Aufbau zur Aufzeichnung eines Filmes mittels VISIDEP™ - Verfahren<sup>[69]</sup>

Das VISIDEP™ - Verfahren eignet sich durch seine technischen Voraussetzungen nicht für die Produktion eines Filmes, da durch die hohe Genauigkeit, die an die Parallaxe gestellt wird und der Aufwand durch die Spiegel, eine erhebliche Produktionszeit zustande kommt. Die lange Produktionszeit bedeutet auch, dass höhere Kosten zustande kommen, die mit dem filmischen Ergebnis nicht gedeckt werden können. Der Grund dafür ist, dass ein Film, der mit 4 Hz ausgestrahlt wird, sehr ruckelt. Ein normaler Film muss mindestens 24 Hz besitzen, damit er als fließend empfunden wird. Da jedoch das pumpende Bild für das Wahrnehmen des Raumbildes nötig ist, ist ein optimales, längeres Betrachten nur bedingt möglich.

Anwendung könnte dieses Verfahren bei einem „dreidimensionalen Werbefilm auf einem Fernseher in einem Schaufenster“<sup>[70]</sup> finden, denn dort ist die Betrachtung durch eine spezielle 3D - Brille ungeeignet.

68 vgl. ebenda

69 Kemner, Gerhard; Seite 91

70 vgl. Maier, Florian: Das VISIDEP-Verfahren, 26.06.2009

## 6 Polarisationsverfahren

### 6.1 Polarisiertes Licht

Normales sichtbares Licht besitzt einen Wellenlängenbereich von 390 ... 780 nm<sup>[71]</sup> und breitet sich in alle Richtungen aus. Licht ist eine Transversalwelle und gehört zu den elektromagnetischen Wellen, was bedeutet, dass es eine elektrische Feldstärke  $E$  und eine magnetische Feldstärke  $H$  besitzt. Diese beiden Anteile stehen senkrecht aufeinander und schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung  $k$  des Lichtes, was in Abbildung 14 anhand eines einzigen Elektrons verdeutlicht wird. Diese Beziehung gilt nur in isotropen Medien und im Vakuum<sup>[72]</sup>. Die Polarisationsebene ist durch die Schwingungsebene der magnetischen Feldstärke definiert und entsteht durch das Aufspannen der Feldstärke  $H$  und der Ausbreitungsrichtung  $k$ .<sup>[73]</sup>

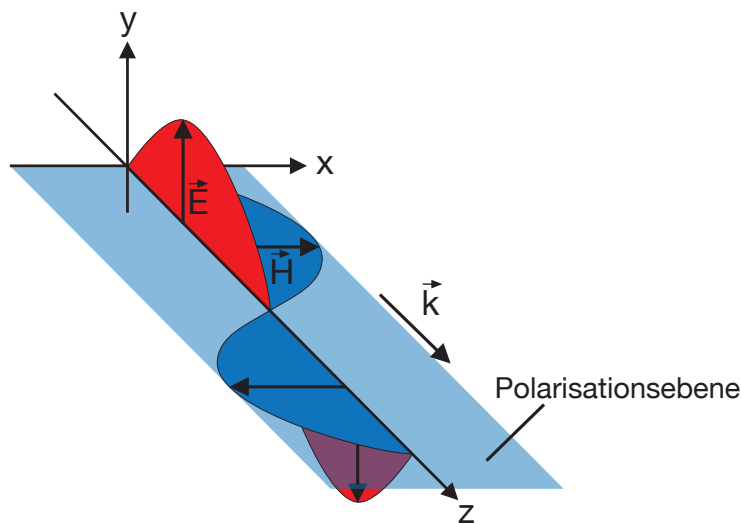


Abbildung 14: Darstellung einer sich ausbreitenden elektromagnetischen Transversalwelle<sup>[74]</sup>

71 Formeln und Tabellen für die Sekundarstufe I und II, Seite 19

72 vgl. Wagner, Jens: Physikalisches Anfängerpraktikum, Seite 2

73 vgl. TU Bergakademie Freiberg: Lichtpolarisation, 13.07.2009

74 vgl. Wagner, Jens: Physikalisches Anfängerpraktikum, Seite 2

Um Licht polarisieren zu können, benötigt man eine Vorrichtung, die Licht nur in eine Richtung durchlässt. Eine solche Vorrichtung wird als Polarisator bezeichnet. Um die Polarisationsrichtung des Lichtes zu erkennen, verwendet man einen Analysator. <sup>[75]</sup>

Licht kann linear, zirkular und elliptisch polarisiert werden <sup>[76]</sup>. Da die elliptische Polarisation bei der Raumbildprojektion nicht angewandt wird, wird sie nicht weiter betrachtet. Bei einer linearen Polarisation findet die Schwingung des  $E$ -Vektors auf einer einzigen Ebene statt. Abbildung 15 zeigt die Ausbreitung der elektromagnetischen Welle in einem dreidimensionalen Koordinatensystem.

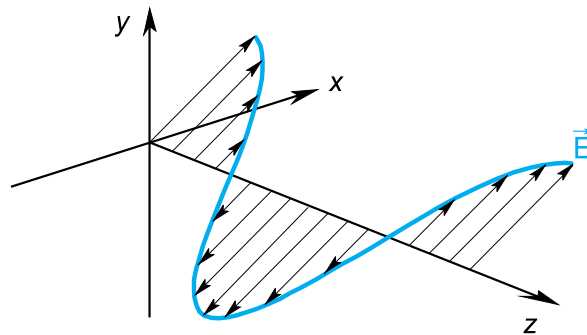


Abbildung 15: Linear polarisierte Welle <sup>[77]</sup>

Um zu zeigen, dass die Ausbreitung der Lichtwelle nur in einer Ebene stattfindet, wird die Welle auf eine Ebene, die senkrecht zur Ausbreitungsrichtung  $z$  steht, projiziert und man erhält eine Gerade  $E$  (Abbildung 16). <sup>[78]</sup>

75 vgl. Universität Tübingen: Die Polarisation von Licht, Seite 1, 13.07.2009

76 vgl. Wagner, Jens: Physikalisches Anfängerpraktikum, Seite 2

77 Technische Universität Bergakademie Freiberg: Lichtpolarisation, Seite 2

78 vgl. ebenda

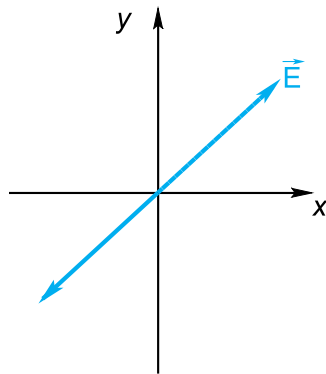


Abbildung 16: Projektion des  $E$ -Vektors auf die  $x$ - $y$ -Ebene<sup>[79]</sup>

Bei einer zirkularen Projektion dreht sich der  $E$ -Vektor um die Ausbreitungsrichtung  $z$  mit gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit und konstantem Betrag. Um dies zu erreichen, muss man zwei senkrecht zueinander, linear polarisierte Wellen, die eine identische Frequenz und Amplitude aufweisen, überlagern. Dabei addieren sich die Feldstärkevektoren. Des Weiteren muss eine Phasenverschiebung um  $+\pi/2$  oder  $-\pi/2$  vorliegen, damit die Maximalwerte des resultierenden  $E$ -Vektors eine Spirale ergeben (Abbildung 17).<sup>[80]</sup>

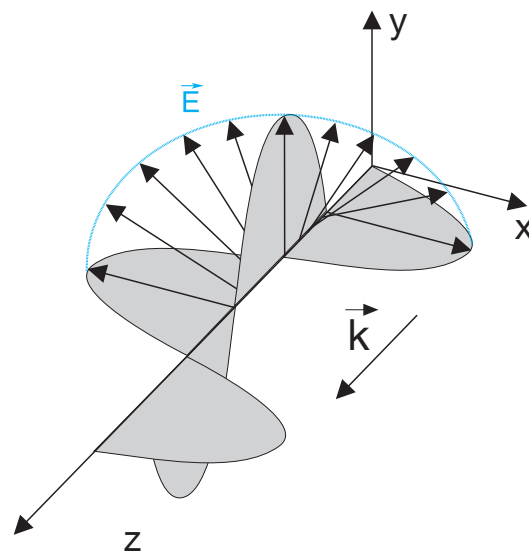


Abbildung 17: Zirkular polarisierte Welle<sup>[81]</sup>

79 ebenda

80 vgl. Wagner, Jens: Physikalisches Anfängerpraktikum, Seite 2 ff.

81 vgl. Wagner, Jens: Physikalisches Anfängerpraktikum, Seite 2

In Abhängigkeit von der Drehrichtung kann man in links und rechts zirkular polarisierte Wellen unterscheiden. Betrachtet man die Welle entgegen ihrer Ausbreitungsrichtung und sie dreht sich gegen den Uhrzeigersinn, so handelt es sich um eine links zirkular polarisierte Welle. Ähnliches gilt für die rechts zirkular polarisierte Welle.<sup>[82]</sup>

Wenn man nun die entstandene Welle wieder in ein zweidimensionales Koordinatensystem projiziert, erhält man einen Kreis (Abbildung 18)

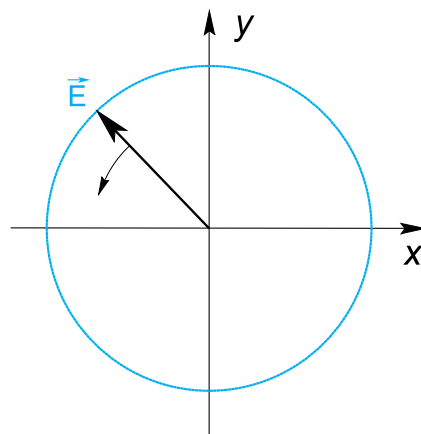


Abbildung 18: Projektion des E-Vektors auf die x-y-Ebene<sup>[83]</sup>

Zur Polarisation des Lichts gibt es mehrere Varianten. Die bei Raumbildprojektion verwendete ist die Polarisation mittels Polarisations- bzw. Polaroidfilter. Neben diesem Verfahren kann das Licht auch durch Reflexion oder Doppelbrechung polarisiert werden. Da diese bei der Raumbildprojektion nicht verwendet werden, findet eine nähere Betrachtung dieser beiden Arten nicht statt.

Die für den Polaroidfilter verwendete Kunststoffolie besteht aus einem speziellen Material. Das Besondere daran ist, dass die einzelnen Molekülketten parallel zueinander angeordnet sind. Außerdem wird eine Iodverbindung hinzu gegeben, wodurch zwischen den Molekülketten Elektronen eingelagert werden. Diese Elektronen können sich ausschließlich parallel zu den Ketten bewegen.<sup>[84]</sup>

82 vgl. ebenda

83 Technische Universität Bergakademie Freiberg: Lichtpolarisation, Seite 3

84 Wagner, Jens: Physikalisches Anfängerpraktikum, Seite 3 ff.



Den Filter kann nur Licht passieren, das senkrecht zu den Molekülketten polarisiert ist. Lichtwellen, deren  $E$ -Vektoren parallel zu den Ketten ausgerichtet sind bewirken, dass die Energie des Lichtes die in den Molekülketten eingelagerten Elektronen in Richtung der Molekülketten beschleunigt. Der Verbrauch der Energie hat zur Folge, dass dieses Licht absorbiert wird. Licht mit senkrecht zu den Molekülketten polarisiertem  $E$ -Vektor wird durchgelassen, weil es die eingelagerten Elektronen nicht beschleunigen kann. Da natürliches Licht unpolarisiert ist und in alle Richtungen strahlt, wird nur der linear polarisierte Teil des Lichtes durch den Polaroidfilter gelassen, welcher parallel zur Transmissionsachse orientiert ist. (Abbildung 19)<sup>[85]</sup>

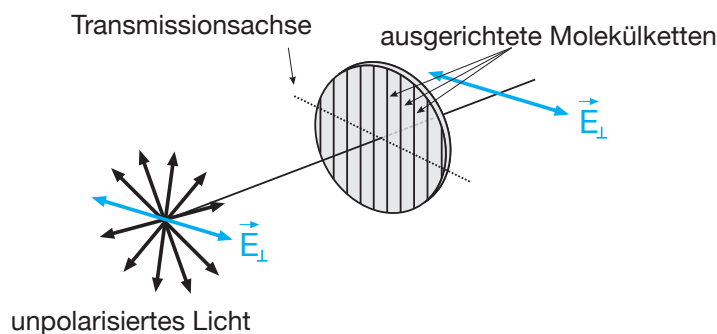


Abbildung 19: Wirkungsweise eines Polaroidfilters<sup>[86]</sup>

### 6.2 Doppelprojektionsverfahren mit linearer Polarisation – Architektur und Besonderheiten

Im Jahre 1891 wurde das Polarisationsverfahren zum ersten Mal von John Anderson beschrieben und wurde somit nur 38 Jahre nach dem Anaglyphenverfahren entwickelt. Der Unterschied war, dass nicht mehr Farbspektren gefiltert wurden, sondern bestimmte Lichtwellen. Im großen Stil kam dieses passive stereoskopische Bildtrennungsverfahren in der 1950er Jahren zum Einsatz und stellte eine Weiterentwicklung dar, mit der man in der Lage war, 3D-Filme farbtreu und mit räumlicher Tiefe wahrnehmen zu können.<sup>[87]</sup>

---

85 vgl. ebenda

86 vgl. ebenda

87 Janssen, Jan-Keno: Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D boomen

Zu dieser Zeit wurde das Doppelprojektionsverfahren mit analoger Technik betrieben. Das bedeutet, dass die zwei Projektoren die Filme synchron projizieren müssen. Die Halbbilder werden zeitgleich abgestrahlt und auf der Leinwand überlagert<sup>[88]</sup>. Vor den Linsen der Projektoren wird jeweils ein Polarisationsfilter installiert, der die stereoskopischen Halbbilder des einen Filmes horizontal und die des anderen Filmes vertikal polarisiert. Das unterschiedlich polarisierte Licht wird dann auf eine Silberleinwand geworfen.

Eine Silberleinwand ist zwingend notwendig, da sie einen Gain-Faktor von circa 2,3 besitzt. Dieser Wert beschreibt die Reflexionsstärke einer Leinwand. Da durch die Polfilter ein hoher Anteil des Lichtes absorbiert wird (siehe Kapitel 6.3), kann mittels Silberleinwand der Lichtstrom verstärkt werden.<sup>[89]</sup> Im Vergleich zu regulärem Leinwandmaterial, welches zwischen 20 und 40 Euro/m<sup>2</sup> kostet, liegt der Preis einer Silberleinwand zwischen 60 und 70 Euro/m<sup>2</sup><sup>[90]</sup>.

Eine weitere wichtige Eigenschaft der Silberleinwand ist, dass sie im Gegensatz zu mattweißen Bildwänden oder Perluxleinwänden die Polarisation des Lichtes aufrechterhält<sup>[91]</sup>. Andere Leinwände reflektieren das Licht diffus und eliminieren somit die Polarisation<sup>[92]</sup>. Somit ist der Einsatz einer Silberleinwand unumgänglich.

Durch die Bündelung des Lichtes kommt es vor allem bei 2D-Projektionen zu sehr hellen Bildbereichen, die auch als Hot Spots bezeichnet werden. Durch eine leicht gekrümmte Leinwand lässt sich dieses Problem vermindern, aber nicht beheben.<sup>[93]</sup>

Moderne Silberleinwände müssen eine gleichmäßige Oberfläche besitzen, damit eine optimale Reflexion sichergestellt werden kann, da es ansonsten zu Beeinträchtigungen bei der Raumbildwahrnehmung kommen kann. Je größer die auszuleuchtende Leinwand ist, desto größer muss auch die Leuchtkraft des Projektors sein.<sup>[94]</sup>

---

88 Nikol, Dominique

89 vgl. RealD; Cowan, Matt; 3D Systems - Venice Film Festival; 14.07.2009

90 Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

91 Schröter, Astrid: Kabinfenster und Bildwand, Seite 4, 20.03.2009

92 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

93 Schröter, Astrid: Kabinfenster und Bildwand, Seite 4, 20.03.2009

94 vgl. Cowan, Matt: 3D Systems - Venice Film Festival, 14.07.2009

Die endgültige Trennung der Halbbilder wird durch eine Polfilterbrille ermöglicht. Die vor den Augen befindliche Folie lässt nur horizontal bzw. vertikal polarisierte Lichtwellen durch.

Beim analogen Verfahren müssen die Projektoren manuell sehr präzise synchronisiert werden, damit die richtigen stereoskopischen Bildpaare projiziert werden. Ein Nachteil bei analogem Material ist, dass die projizierten Bilder unruhig sind.<sup>[95]</sup> Diesem Problem versuchte die Firma IMAX, die seit Ende der 1980er Jahre im Großteil ihrer 3D-Kinos analoge Doppelprojektionstechnik einsetzt<sup>[96]</sup>, mit Hilfe einer speziellen Technik Herr zu werden. Dabei wird das Filmmaterial mit leichtem Unterdruck an die Linse gepresst, um das leichte Ruckeln zu minimieren<sup>[97]</sup>. Im Sommer 2008 kündigte IMAX an, dass sie schrittweise ihre analogen Projektoren durch digitale 2k-Projektoren ersetzen werden<sup>[98]</sup>.

Bei der digitalen Projektion werden, wie in Kapitel 4.3 beschrieben, digitale Filmdaten, welche sich auf einem Server befinden, verwendet. Der Server ist mit einem der beiden Projektoren via SDI-Kabel verbunden, dieser Projektor wird auch als Master-Projektor bezeichnet. Er erhält sowohl die Videodaten für das rechte als auch für das linke Auge vom Server und teilt dem zweiten Projektor, dem sogenannten Slave, die Videoinformationen zu. Die Trennung der stereoskopischen Halbbilder wird somit vom Master-Projektor durchgeführt. Der Slave-Projektor besitzt keine direkte Verbindung zum Server, sondern erhält seine Informationen ausschließlich vom Master-Projektor. In den Projektoren befinden sich Farbkalibratoren, die bewirken, dass eine exakte Farbwiedergabe stattfindet.<sup>[99]</sup>

Geeignet ist die Projektion mittels zwei Projektoren vor allem, wenn eine sehr große Leinwand verwendet wird, da die Helligkeit eines einzelnen Projektors dafür nicht ausreichen würde. Auch auf kleineren Leinwänden wirkt sich die Leistung der Projektorlampen von

---

95 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

96 vgl. Janssen, Jan-Keno: IMAX wird digital: Hausmannskost statt High-End

97 vgl. BR-online: Von der 2D- zur 3D-Projektion im Kino, 27.07.2009

98 vgl. Janssen, Jan-Keno: IMAX wird digital: Hausmannskost statt High-End

99 Nikol, Dominique

circa 2.000 Watt<sup>[100]</sup> positiv aus, da eine sehr gut Wiedergabeligkeit erreicht wird. Aufgrund der zwei Projektoren ist eine gute Trennung der einzelnen Halbbilder möglich.<sup>[101]</sup>

Um bei der Doppelpolarisation mit linearer Polarisation ein Raumbild wahrnehmen zu können, ist es wichtig, dass der Zuschauer seinen Kopf gerade hält. Bei einer zu starken Neigung um mehr als 25 ° kann die Polfilterbrille die Halbbilder nicht mehr trennen, folglich werden vertikale und horizontale Lichtwellen durchgelassen und eine räumliche Wahrnehmung ist nicht mehr möglich.<sup>[102]</sup>

Derzeit verwenden 10 % der deutschen 3D-Kinos das Doppelprojektionsverfahren oder die IMAX 3D-Technik.<sup>[103]</sup>

### 6.3 RealD 3D - Technik – Verbreitung und Besonderheiten

Das Projektionsverfahren der Firma RealD ist mit 32,5 % das in Deutschland am häufigsten verwendete System zur Raumbildprojektion<sup>[104]</sup> (Abbildung 20). Gründe dafür sind unter anderem, dass das RealD-System in den USA in etwa 90 % der 3D-Kinos eingesetzt wird<sup>[105]</sup> und dass die großen Kinoketten UCI Kinowelt und CineStar ihr Kinosäle auf diese Technik umrüsten. So kündigten im Oktober 2007 RealD und die UCI-/Odeon Gruppe an, dass sie in ihren Kinos 500 Leinwände mit der Technik von RealD ausstatten wollen<sup>[106]</sup>. Die Abbildung 21 zeigt, dass im Sommer 2009 rund 47,2 % der in Deutschland eingesetzten RealD-Technik in UCI-Kinos und 27,8 % in CineStar-Kinos betrieben wurden<sup>[107]</sup>.

---

100 Christie Accessoires & Options: CDXL-20 Lamp, 22.07.2009

101 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

102 Nikol, Dominique

103 vgl. Heise.de, Janssen, Jan-Keno: 3D-Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz, 14.07.2009

104 ebenda

105 Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

106 UCI Kinowelt: Presseheft zu Digital 3D - UCI Kinowelt und RealD, April 2009

107 Heise.de, Janssen, Jan-Keno: 3D-Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz, 14.07.2009

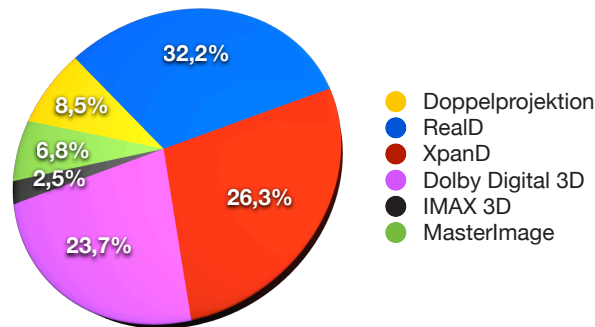


Abbildung 20: Verteilung der 3D-Projektionssysteme in Deutschland<sup>[108]</sup>

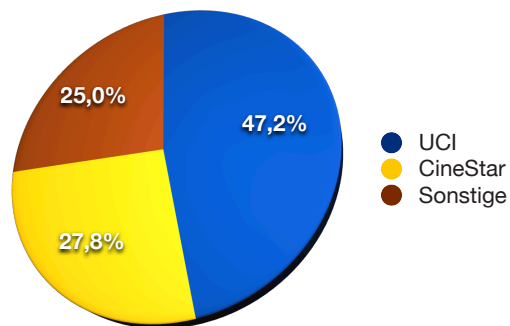


Abbildung 21: Nutzung des RealD-Systems in Deutschland<sup>[109]</sup>

Die Besonderheit in der Architektur beim RealD-Verfahren ist ein auf LCD-Basis beruhender aktiver Polarisator, der vor den Projektor und die Linse montiert wird (Abbildung 22). Der von RealD als Z-Screen bezeichnete Polarisator kann bei einer 2D-Projektion ohne großen Aufwand weggeklappt werden. Um den Z-Screen mit dem Projektor zu synchronisieren, wird eine spezielle Sync-Box verwendet, die das Signal vom Projektor verarbeitet und an den Polarisator weiterleitet. Die Kinobetreiber müssen für die Verwendung des RealD-Systems Lizenzgebühren an die Firma RealD bezahlen.<sup>[110]</sup> Ein von RealD verwendeter Server ist zum Beispiel der QuVis Cinema Player, zudem werden DLP Cinema™-Projektoren der Firma Texas Instruments eingesetzt.<sup>[111]</sup>

---

108 Tabelle 5 (siehe Anhang)

109 Tabelle 6 (siehe Anhang)

110 Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

111 Cowan, Matt: 3D Systems - Venice Film Festival, 14.07.2009



Abbildung 22: Z-Screen vor einem DLP Cinema™-Projektor<sup>[112]</sup>

Wenn man davon ausgeht, dass der Projektor einen Lichtstrom von 10.000 Lumen besitzt, dann gehen 80,68 % dieses Lichtstroms am Polarisator durch die Absorption verloren (Abbildung 23). Somit kommen an der Silberleinwand nur noch 1.932 Lumen an. Da die Leinwand einen Gain - Wert von circa 2,3 besitzt, wird das Licht auf 4.443,6 Lumen verstärkt. Durch die Polfilterbrille gehen allerdings 20 % des Lichtstroms verloren. Daraus ergibt sich, dass der Zuschauer nur 3.554 Lumen wahrnimmt und 64,46 % des Lichtstroms durch Polarisierung verloren gehen. Um diesen Verlust ausgleichen zu können, muss der Projektor über eine hellere Lampe, als sie bei einer zweidimensionalen Projektion benötigt wird, verfügen.<sup>[113]</sup>

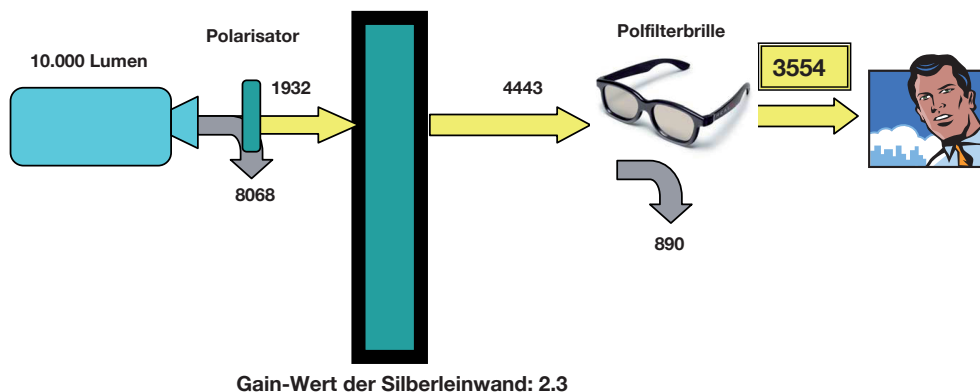


Abbildung 23: Lichtstromverlust beim RealD-Verfahren<sup>[114]</sup>

112 <http://www.heise.de/bilder/140628/0/1>

113 vgl. Cowan, Matt: REAL D 3D System, Seite 12, 14.07.2009

114 vgl. ebenda

#### 6.4 Masterimage - Technik – Verbreitung und Besonderheiten

In Deutschland wird das aus Südkorea stammende System nur zu 6,8 % (Abbildung 20) benutzt und ist somit nicht sehr weit verbreitet. Der größte Unterschied der Masterimage - Technik, im Gegensatz zur RealD - Technik, besteht im Aufbau des Polarisators. Hierbei handelt es sich um einen Rotationsfilter, welcher pro Sekunde 4.320 - mal rotiert<sup>[115]</sup>. Der Filter besteht aus unterschiedlichen Folien, die das Licht unterschiedlich zirkular polarisieren<sup>[116]</sup> (Abbildung 24). Am Synchronisationseingang der Kontrolleinheit des Polarisators wird das Signal zur Synchronisierung der Polarisation der Halbbilder eingespeist<sup>[117]</sup>. Der Signalgeber dabei ist der Projektor, welcher den Film im „Triple Flash“-Verfahren wiedergibt<sup>[118]</sup>. Eine Sync-Box wie beim RealD-System ist bei der Synchronisation nicht erforderlich<sup>[119]</sup>.



Abbildung 24: Rotationspolarisator der Masterimage-Technik<sup>[120]</sup>

Mit dem Masterimage - System können auch 2D - Inhalte wiedergegeben werden, dazu muss der vor den Projektor installierte Rotationsfilter heruntergefahren werden, sodass er sich nicht weiter vor

---

115 Masterimage3d.com: Masterimage MI-2100 Digital 3D System, 18.07.2009

116 Pelzer, Stefan

117 Masterimage: Produktbroschüre, 18.07.2009

118 Masterimage3d.com: Masterimage MI-2100 Digital 3D System, 18.07.2009

119 Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

120 <http://www.masterimage3d.com/images/Home-MI-4.jpg>

der Linse befindet<sup>[121]</sup>. Dadurch, dass der Polarisator höhenverstellbar ist, lässt er sich ohne großen Zeitaufwand entfernen oder erneut positionieren.<sup>[122]</sup>

Laut Herstellerangaben kontrolliert der Antrieb des Rotationsfilters auch die horizontale Ausrichtung zwischen Projektorlinse und Polarisationsfilter. Dadurch soll eine optimale Polarisierung des Lichtes erreicht werden.<sup>[123]</sup>

---

121 Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

122 Pelzer, Stefan

123 vgl. Masterimage: Produktbroschüre, 18.07.2009



## 7 Shutter - Technik

### 7.1 Grundprinzip der Shutter - Technik

Das aktive Bildtrennungsverfahren kann auch als Zeitmultiplex- oder Shutter-Verfahren bezeichnet werden. Dabei projiziert ein einzelner Projektor ein multiplexes Signal auf eine Leinwand. Die stereoskopischen Halbbilder werden somit abwechselnd bzw. nacheinander auf die Projektionsfläche geworfen.

Das Verfahren nutzt die Trägheit der menschlichen Augen aus. Ein Film wird als flimmer- bzw. ruckelfrei empfunden, wenn jedes Auge 24 Bilder pro Sekunde wahrnimmt. Beim Shutter - Verfahren werden 48 Halbbilder und somit 24 Bildpaare pro Sekunde projiziert <sup>[124]</sup>.

Einer Shutter-Brille trennt die Halbbilder voneinander, sodass jedes Auge nur das für sich bestimmte Bild wahrnimmt. Dieses Verfahren wird als „aktiv“ bezeichnet, da die nötige 3D - Brille direkt an der Bildtrennung beteiligt ist. Durch das abwechselnde Abdunkeln der Augen besitzt die Brille keine variablen Eigenschaften für jedes Auge. Die Zuordnung der Halbbilder findet somit nicht, wie bei den passiven Bildtrennungsverfahren an den entsprechenden Filtern, sondern erst bei der Shutter - Brille statt.

### 7.2 Verbreitung und Besonderheiten der Shutter - Technik

Das wohl bekannteste deutsche 3D - Kino, welches mit Shutter-Technik betrieben wird, ist sicherlich das CineStar IMAX 3D in Berlin im SonyCenter. Die 588 m<sup>2</sup> große Leinwand ist die größte Berlins und zählt mit zu den größten Leinwänden weltweit. <sup>[125]</sup>

In Deutschland wird die Shutter - Technik XpanD, auch unter dem Namen NuVision bekannt, häufiger angewandt als die der Firma IMAX. Nach der Polarisationstechnik ist die Shutter - Technik das am häufigsten verwendete Raumbildprojektionsverfahren. Es wird derzeit in rund 27 % der 3D - Kinos verwendet <sup>[126]</sup>.

---

124 Fraunhofer IIS: Technik des digitalen Kinos, 27.07.2009

125 SonyCenter.de: CineStar IMAX 3D, 24.07.2009

126 vgl. Heise.de, Janssen, Jan-Keno: 3D-Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz, 14.07.2009

Im Unterschied zu anderen Projektionssystemen befindet sich vor der Linse des Projektors kein Filter, die stereoskopischen Halbbilder werden direkt auf eine weiße Leinwand geworfen und dort reflektiert. Die Bildtrennung erfolgt, wie bereits im Kapitel 7.1 erwähnt, mittels einer batteriebetriebenen Shutter - Brille. Diese muss mit dem digitalen Projektor synchronisiert werden, um eine Raumbildwahrnehmung zu realisieren. Das Synchronisationssignal wird vom Projektor zu einer Sync-Box übertragen (Abbildung 25). Diese verarbeitet das Signal und leitet es an einen Infrarot-Transmitter weiter. Über das IR-Signal des Transmitters empfängt die Shutter - Brille das Synchronisationssignal. Auf Grundlage dieser Information verdunkeln die auf Flüssigkristallen basierenden Brillengläser die Augen abwechselnd. <sup>[127]</sup>

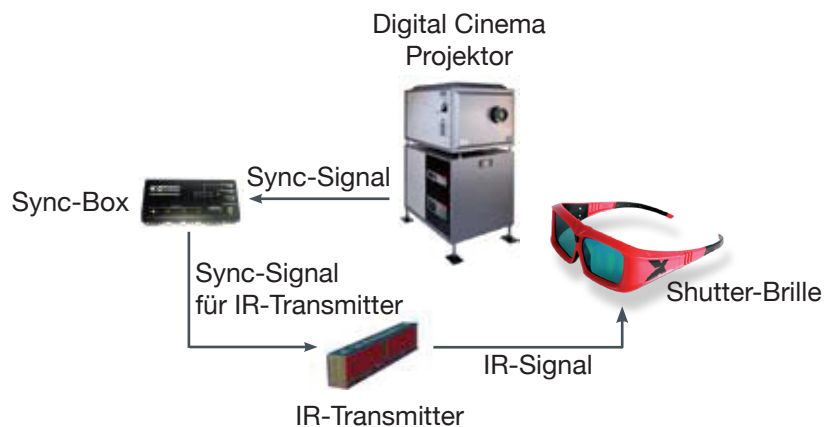


Abbildung 25: Synchronisation des D-Cinema Projektors mit der Shutter-Brille <sup>[128]</sup>

---

127 Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

128 vgl. ebenda

## 8 Interferenzfilter - Technik

### 8.1 Grundlagen der Interferenzfilter - Technik

Das Unternehmen DaimlerChrysler AG entwickelte ab dem Jahr 1999 das System Infitec, eine Wellenlängenmultiplex - Visualisierungstechnik mittels Interferenzfiltertechnologie. Mit dieser Technik ist es möglich, eine passive Bildtrennung mit Hilfe von Interferenzfiltern zu ermöglichen. Die Grundfarben Rot, Grün und Blau, der stereoskopischen Halbbilder, werden dabei mit unterschiedlichen Wellenlängen projiziert. Die Trennung der projizierten Bilder erfolgt durch eine Filterbrille. Die Firma Dolby kaufte dieses System und verwendet es unter dem Namen Dolby 3D für die digitalen 3D - Projektionssysteme. <sup>[129]</sup>

Die Augen des Menschen besitzen Rezeptoren, die unterschiedliche visuelle Informationen wahrnehmen können. Diese Rezeptoren haben unterschiedliche spektrale Empfindlichkeitsbereiche. Wenn diese Rezeptoren stimuliert werden, dann werden die Farben Rot, Grün und Blau wahrgenommen. <sup>[130]</sup>

Jede Farbe besitzt eine andere Wellenlänge. Die Grundfarben der additiven Farbsynthese haben folgende Werte <sup>[131]</sup>:

- Rot: 780 ... 620 nm
- Grün: 570 ... 490 nm
- Blau: 490 ... 460 nm

Die Rezeptoren des menschlichen Auges nehmen bei folgenden maximalen Wellenlängen die einzelnen Grundfarben am besten wahr <sup>[132]</sup>:

- Rot: 600 nm
- Grün: 550 nm
- Blau: 450 nm

---

129 vgl. Wikipedia: Infitec, 03.08.2009

130 vgl. Jorke, Helmut: Infitec - Wellenlängenmultiplex, Visualisierungssysteme, Seite 6

131 Formeln und Tabellen für die Sekundarstufe I und II, Seite 19

132 Jorke, Helmut: Infitec - Wellenlängenmultiplex, Visualisierungssysteme, Seite 6

Da aus diesen drei Grundfarben alle anderen Farben gebildet werden können, besteht ein projiziertes Bild aus den Farbanteilen Rot, Grün und Blau. Zu beachten ist, dass das menschliche Auge eine unterschiedliche Farbempfindlichkeit besitzt. Wie breit die Emission ist, spielt dabei eine untergeordnete Rolle, da die Breite die Sättigung der einzelnen Farbe angibt. Ist eine Farbe sehr breitbandig, dann wird sie im Vergleich zu einer schmalbandigen Farbe als weniger satt empfunden. Die Ursache dafür ist, dass der entsprechende Rezeptor weniger gezielt angesprochen wird. Alle Linien zur Erregung eines Farbzeptors müssen im Empfindlichkeitsbereich liegen und dürfen eine Bandbreite von 50 nm nicht überschreiten. Bei der Interferenzfilter - Technik sollen mit sehr schmalbandigen Emissionsspektren verschiedene Bildinformationen parallel in einem Wellenlängen - Tripel übertragen werden. <sup>[133]</sup>

Ein Wellenlängen - Tripel besteht aus drei Wellen mit unterschiedlichen Wellenlängen. Die Bildpaare werden aus zwei Tripels gebildet.

### 8.2 Aufbau und Funktionsweise von Interferenzfiltern

Schmalbandige Emissionsspektren werden mit Interferenzfiltern erzeugt, welche aus einem kontinuierlichen Spektrum, beispielsweise aus natürlichem Licht, einen kleinen Wellenlängenbereich herausfiltert. Die Filter bestehen aus einer Glasplatte, dem transparenten Dielektrikum, auf welcher Interferenzschichten aufgedampft wurden. Solche Interferenzschichten sind semitransparente metallische Spiegelschichten, die zum Beispiel aus Silber oder Aluminium bestehen. An diesen Schichten werden bestimmte Wellenlängen reflektiert und andere absorbiert. <sup>[134][135]</sup>

Eingebaut werden die trennscharfen Interferenzfilter in die 3D - Brillen. Diese filtern die für sie bestimmten Wellen aus den ankommenden Wellenlängen - Tripel heraus. Die einzelnen Farbanteile der beiden Tripel für das jeweilige Auge, müssen, damit eine exakte Bildtrennung stattfinden kann, verschiedene Wellenlängen besitzen. <sup>[136]</sup> (Abbildung 26)

---

133 vgl. ebenda, Seite 4

134 vgl. Debus, Jörg / Strunk, Timo: Versuch Nr. 46: Faraday-Effekt an Halbleitern, Seite 6

135 vgl. Wikipedia: Interferenzfilter, 03.08.2009

136 vgl. Jorke, Helmut: Infitec - Wellenlängenmultiplex, S 5

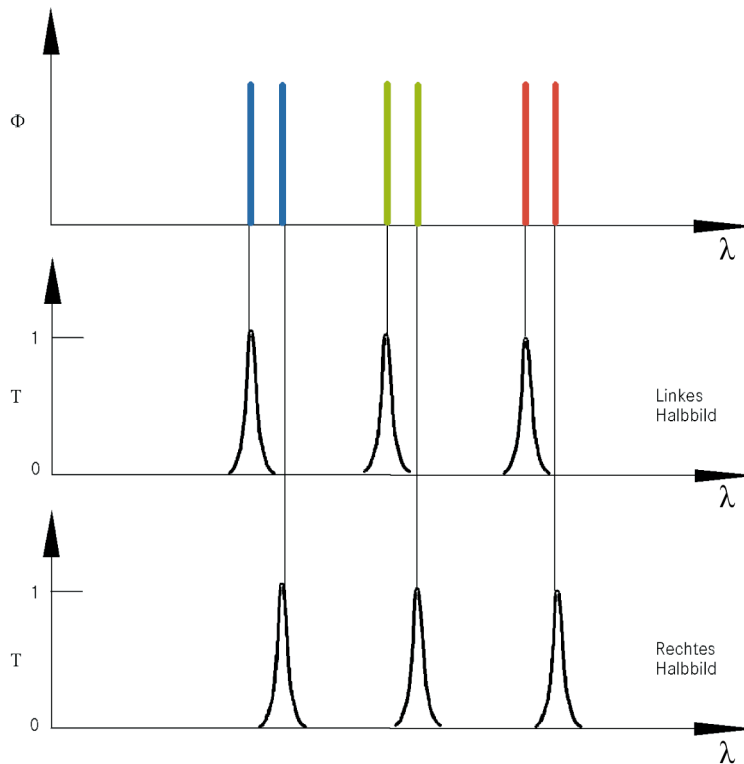


Abbildung 26: 3D-Visualisierung mittels Wellenlängenmultiplex-Technik<sup>[137]</sup>

Um weißes Licht in die Farbanteile Rot, Grün und Blau zu trennen, benötigt man zwei Interferenzfilter (Abbildung 27). Am ersten Filter wird das blaue Licht herausgefiltert, sodass das reflektierte Licht nur noch rote und grüne Anteile besitzt. Der zweite Filter trennt anschließend auch diese beiden Farbanteile voneinander, sodass am Ende jeder Farbanteil mit einer bestimmten Wellenlänge separat vorliegt.<sup>[138]</sup>

Umgekehrt verhält es sich bei der Bildtrennung im 3D-Kino. Dort werden das Wellenlängen-Tripel, welche für das entsprechende Auge bestimmt ist, aus den beiden Tripel herausgefiltert, das andere Tripel wird reflektiert.

137 Helmut Jorke: Infitec - Wellenlängenmultiplex, Visualisierungssysteme, Seite 26

138 vgl. IT Wissen: Interferenzfilter, 03.08.2009

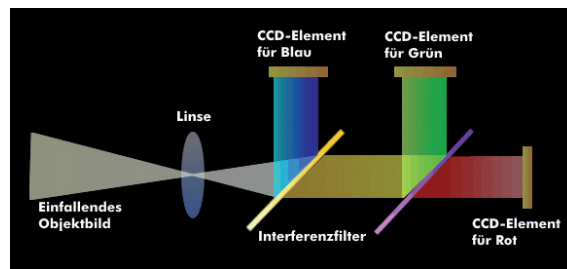


Abbildung 27: Aufbau einer 3-CCD-Videokamera mit Interferenzfiltern <sup>[139]</sup>

### 8.3 Besonderheiten der Interferenzfilter - Technik

Bei der Projektion mit Dolby 3D - Technik wird vor den DLP-Projektor ein rotierendes Farbrad installiert. Dieses bewirkt eine minimale Wellenlängenveränderung der RGB - Farbanteile. Somit wird erreicht, dass die jeweiligen Farbanteile des stereoskopischen Bildpaares unterschiedliche Wellenlängen besitzen. <sup>[140]</sup>

Die Rotation des Farbrades muss mit der Ausstrahlung der stereoskopischen Bilder synchronisiert werden. Für die Synchronisation wird ein Dolby DFC100 Filter Controller benötigt. Dieser erhält ein Synchronisationssignal vom Projektor, wandelt dieses um und überträgt es zum Filterrad. <sup>[141]</sup>

Nachdem die Wellenlängen - Tripel durch das Farbrad angepasst wurden, werden sie von einer weißen Leinwand reflektiert. Die Gläser der 3D - Brille filtern dann die entsprechenden Farbanteile heraus, sodass es zu einer Trennung der Tripel bzw. Halbbilder kommt.

---

139 <http://www.itwissen.info/bilder/aufbau-einer-3-ccd-videokamera-mit-interferenzfiltern.png>

140 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

141 vgl. Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

## 9 Analyse der Projektionstechniken

### 9.1 Übersicht über die Projektionstechniken

	Anaglyphen*		IMAX 3D (Pol.)**	Doppelprojektion
	analog (2 Filmrollen)	analog (1 system-spezifische Filmrolle)		
<b>Filmmaterial</b>	analog (2 Filmrollen)	analog (1 system-spezifische Filmrolle)	analog (2 Filmrollen)	digital (DCP)
<b>Server</b>	keiner	keiner	keiner	3D-fähiger D-Cinema-Server
<b>Projektor (Anz.)</b>	2x analoge Projektoren	1x analoge Projektoren	2x analoge Projektoren	2x D-Cinema-Projektoren
<b>Filter</b>	Farbfolien	keine (durch Postpro.)	2 Polfilter (horiz./vert.)	2 Polfilter (horiz./vert.)
<b>Leinwand</b>	weiß/konventionell	weiß/konventionell	Silberleinwand	Silberleinwand
<b>Brille</b>	passive Rot-Grün-Brille, o.Ä.	passive Rot-Grün-Brille, o.Ä.	passive Polfilterbrille	passive Polfilterbrille
<b>Synchronisation</b>	Projektoren (manuell)	Projektoren (manuell)	Projektoren (manuell)	Master- / Slave-Projektor
<b>Lizenzgebühren</b>	nein	nein	nein	nein
<b>Kopfneigung</b>	geringfügig	geringfügig	nein	nein
<b>Lichtverluste</b>	gering, durch Farbfilter kaum Verluste	gering, durch Farbfilter kaum Verluste	durch Polarisation hohe Lichtabsorption	durch Polarisation hohe Lichtabsorption
<b>Helligkeit</b>	sehr gut, 2 Projektoren	gut, 1 Projektor (ähnlich 2D-Projektion)	sehr gut, 2 Projektoren	sehr gut, 2 Projektoren
<b>Kanaltrennung (Geisterbilder)</b>	gut, Geisterbilder bei ungenauer Synchronisation	mäßig, Geisterbilder treten auf	gut, Geisterbilder bei ungenauer Synchronisation	sehr gut, Triple-Flash, teilw. Filme mit Ghostbusting
<b>Raumbildqualität</b>	schlecht, da Verfärbungen	schlecht, da Verfärbungen	gut, bei exakter Synchronisation	sehr gut

Tabelle 3: Übersicht über die Projektionstechniken 1

## Übersicht über die Projektionstechniken

	RealID	Masterimage	XpanD (NuVision)	Dolby 3D
<b>Filmmaterial</b>	digital (DCP)	digital (DCP)	digital (DCP)	digital (DCP <sup>***</sup> )
<b>Server</b>	3D-fähiger D-Cinema-Server	3D-fähiger D-Cinema-Server	3D-fähiger D-Cinema-Server	Dolby Show Player & Show Store / mit Dolby-3D-Unterstützung
<b>Projektor (Anz.)</b>	1x DLP-Projektor	1x DLP-Projektor	1x D-Cinema-Projektor	1x D-Cinema-Projektor
<b>Filter</b>	Z-Screen (zirkular Pol.)	Filterrad (zirkular Pol.)	keine	rotierendes Farbrad
<b>Leinwand</b>	Silberleinwand	Silberleinwand	weiß/konventionell	weiß/konventionell
<b>Brille</b>	passive Polfilterbrille	passive Polfilterbrille	aktive Shutter-Brille	passive IF-Brille
<b>Synchronisation</b>	RealD Sync-Box	Projektor – Filterrad	Sync-Box – IR-Transmitter – Shutter-Brille	Dolby DFC100
<b>Lizenzgebühren</b>	ja	nein	keine Angaben	nein
<b>Kopfneigung</b>	ja	ja	ja	ja
<b>Lichtverluste</b>	durch Polarisation hohe Lichtabsorption	durch Polarisation hohe Lichtabsorption	durch Shutter-Brille, Augen abwechselnd	durch Interferenzfilter-Brille geringe Verluste
<b>Helligkeit</b>	gut, 1 Projektor mit hoher Leuchtleistung	gut, 1 Projektor mit hoher Leuchtleistung	gut, 1 Projektor (ähnlich 2D-Projektion)	gut, 1 Projektor (ähnlich 2D-Projektion)
<b>Kanaltrennung (Geisterbilder)</b>	gut, Triple-Flash, teilw. Filme mit Ghostbusting	gut, Triple-Flash, teilw. Filme mit Ghostbusting	gut, Triple-Flash, teilw. Filme mit Ghostbusting	gut, Triple-Flash, teilw. Filme mit Ghostbusting
<b>Raumbildqualität</b>	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut

Tabelle 4: Übersicht über die Projektionstechniken 2

- \* wird vorerst nicht weiterentwickelt
- \*\* Umgerüstung zu D-Cinema
- \*\*\* systemspezifisches DCP



## 9.2 Vor- und Nachteile des Farbanaglyphenverfahrens

Aufgrund der Verwendung von Farbfiltern ist dieses System einfach zu realisieren und günstig in der Produktion. Dies betrifft neben der Herstellung des Filmmaterials auch die Produktion der Brillen, die nur gefärbte Folie benötigen.

Für die Wiedergabe wird nur ein Projektor benötigt, was einen weiteren Vorteil darstellt. Das am Projektor eingespeiste Videosignal besitzt bereits die farbanaglyphischen Informationen, da die Halbbilder schon vorher überlagert wurden. Da nur ein Projektor benötigt wird, entsprechen der technische Aufwand und die Kosten für die Darstellung denen einer normalen zweidimensionalen Projektion. <sup>[142]</sup>

Zu den Nachteilen dieses Verfahrens zählt die Verwendung von Farbfiltern, wodurch eine deutlich sichtbare Verfälschung der Farbwerte stattfindet. Grund dafür sind die Absorption und die Veränderung bestimmter Farben. Auch ein Kontrastverlust ist bei der Betrachtung, via Farbanaglyphenbrille, zu verzeichnen.

Die Färbung der Bilder hat zur Folge, dass es dem Zuschauer bei längeren Filmen schwer fällt, ein räumliches Bild wahrzunehmen, da die Augen überanstrengt werden, was letztlich zu Kopfschmerzen führt.

Ein weiterer Effekt, der durch die Farbfilter hervorgerufen wird, ist das Auftreten von Geisterbildern bzw. Doppelkonturen. Diese entstehen wenn die Halbbilder nicht komplett durch die Farbfilter getrennt werden. <sup>[143]</sup>

All diese Störungen und Verfälschungen bewirken eine Beeinträchtigung der räumlichen Wahrnehmung. Ein optimale und mit zweidimensionaler Spielfilmqualität vergleichbare Wiedergabe kann mit dem Farbanaglyphenverfahren nicht erreicht werden. Dank seines geringen Kostenvolumens eignet sich dieses System für Kurz- und Werbefilme.

---

142 Maier, Florian: „Das Anaglyphenverfahren“, 01.07.2009

143 Kemner, Gerhard; Seite 89

### 9.3 Vergleich der Polarisationsysteme

Da das analoge Doppelprojektionsverfahren zunehmend durch die digitale Verfahren ersetzt wird, findet kein Vergleich zwischen analogen und digitalen Systemen statt.

Die drei Polarisationsysteme RealD, Masterimage und Doppelprojektion verwenden leichte Polfilterbrillen, die von Brillenträgern problemlos auch über der normalen Brille getragen werden können. Die Herstellung einer solchen Brille ist kostengünstig<sup>[144]</sup>. Daher eignen sie sich aus hygienischen Gründen für die Einwegnutzung und können für spezielle Events individuell gestaltet werden<sup>[145]</sup>.

Bei der Anwendung der RealD- und Masterimage-Technik wird jeweils nur ein Projektor verwendet, was eine Kosteneinsparung gegenüber dem Doppelprojektionsverfahren bedeutet. Allerdings ist dadurch die Ausleuchtung der Silberleinwand geringer und es müssen Lampen mit einer höheren Leistung verwendet werden. Somit eignet sich das Doppelprojektionsverfahren mit seiner Helligkeit auch für große auszuleuchtende Leinwände.<sup>[146]</sup>

Ein weiterer Vorteil dieses Systems ist, dass aufgrund der Verwendung zweier Projektoren eine sehr gute Trennung der Halbbilder erfolgt. Allerdings ist bei der Kanaltrennung zu beachten, dass sie bei linearer Polarisation nur funktioniert, wenn der Kopf gerade gehalten wird. Eine zu große Neigung des Kopfes führt dazu, dass der 3D-Effekt verloren geht und man ein verschwommenes Bild wahrnimmt. Diese Problematik wurde beim Masterimage- und RealD-System mittels zirkularer Polarisation gelöst, wodurch eine beliebige Neigung des Kopfes möglich ist.<sup>[147]</sup>

Der Polarisator bei Masterimage ist kompatibel mit allen DLP Kinoprojektoren und digitalen Kinoservern, was die Neuanschaffung der nötigen Geräte erleichtert, da Produkte unterschiedlicher Hersteller verwendet werden können<sup>[148]</sup>. Aussagen über die Kompatibilität der anderen Polarisierungstechniken konnten bei der Analyse nicht gefunden werden.

---

144 Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

145 vgl. Cowan, Matt: 3D Systems - Venice Film Festival, 14.07.2009

146 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

147 vgl. ebenda

148 vgl. Masterimage; Produktbroschüre; 18.07.2009

Im Gegensatz zum RealD-System werden bei der Nutzung der Masterimage-Technik keine Lizenzgebühren fällig oder langfristige Verträge abgeschlossen, was für die Kinobetreiber eine entscheidende Kostenersparnis darstellt<sup>[149]</sup>. Das Synchronisationssignal bei RealD wird mittels einer Sync-Box generiert, welche zwischen Projektor und Z-Screen installiert ist. Beim Masterimage-System erhält der Polarisator das Synchronisationssignal direkt vom Projektor<sup>[150]</sup>. Die Polfilter beim Doppelprojektionsverfahren müssen nicht synchronisiert werden, da sie über feste Eigenschaften verfügen und das Licht immer gleich polarisieren. Die Synchronisation zwischen Master- und Slave-Projektor erfolgt über den Master, indem er dem Slave die zu projizierenden Daten überträgt<sup>[151]</sup>.

Ein erheblicher Kostenschwerpunkt der Systeme liegt in der Verwendung der Silberleinwand, die, je nach Qualität, das Doppelte bis Vierfache einer konventionellen Leinwand kostet<sup>[152]</sup> (siehe Kapitel 6.2). Aufgrund des hohen Gain-Wertes entsteht bei der Projektion eines zweidimensionalen Filmes ein helles und klares Bild, sodass der Projektor mit einer verringerten Lampenleistung betrieben werden kann, was die Lebensdauer der Lampen erhöht<sup>[153]</sup>.

### 9.4 Vor- und Nachteile des Shutter-Verfahrens

Dadurch, dass bei der digitalen Shutter-Technik das Licht nicht durch Filter absorbiert wird, muss die Leuchtkraft der Lampe nicht so groß sein, wie beim Polarisationsverfahren, was zur Folge hat, dass sie wesentlich länger betrieben werden kann. Zudem wird keine spezielle Leinwand, wie etwa eine silberbeschichtete Leinwand, benötigt. Dies ermöglicht, dass die bereits bei der analogen 2D-Filmprojektion eingesetzte Leinwand weiterverwendet werden kann.

---

149 vgl. ebenda

150 Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

151 Nikol, Dominique

152 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

153 Nikol, Dominique

Des Weiteren wird beim XpanD-System nur ein digitaler Projektor benötigt. Da das Licht nicht polarisiert oder anderweitig verändert wird, ist beim Shutter-System eine beliebige Kopfneigung möglich, ohne dass der Raumbildeindruck zerstört wird.<sup>[154]</sup>

Die Lebensdauer der Batterien, die aktuell von XpanD in den Shutter-Brillen verwendet werden, beträgt ungefähr 300 Stunden. Im Gegensatz zum Vorgängermodell, in dem die Batterien integriert waren und sich nicht auswechseln ließen<sup>[155]</sup>, können bei der aktuellen Generation Batterien ersetzt werden, was die Brillen umweltverträglicher macht<sup>[156]</sup>. Die Shutter-Brillen sind zum einen sehr empfindlich und zum anderen sehr teuer in der Herstellung, was hohe Anschaffungskosten zur Folge hat<sup>[157]</sup>.

Zusätzlich zu den Elementen, die in der allgemeinen Architektur digitaler 3D-Projektionen beschrieben wurden (siehe Kapitel 4.3), werden für die Synchronisation der Brille mit dem Projektor weitere Elemente benötigt. Da die Brille über einen Infrarot-Sensor verfügt, wird ein IR-Transmitter benötigt. Dieser erhält sein Signal von einer speziellen Sync-Box, die das Synchronisationssignal des Projektors moduliert.<sup>[158]</sup>

Die Synchronisation mit den Brillen ist eines der wichtigsten Elemente des Shutter-Verfahrens und bildet somit auch eine große Angriffsfläche für Probleme und Störungen. So müssen alle Brillen regelmäßig gewartet und auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden, was einen hohen Zeitaufwand in Anspruch nimmt. Die Brillen des Polarisationsystems sind im Gegensatz dazu weniger stör anfällig.

---

154 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

155 vgl. ebenda

156 vgl. Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

157 Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

158 vgl. Schröter, Astrid: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension

### 9.5 Vor- und Nachteile der Interferenzfilter - Technik

Beim Dolby 3D - System werden die unterschiedlichen stereoskopischen Halbbilder via Filter getrennt. Diese lassen nur einen geringen Teil des breitbandigen Tageslichtspektrums durch, was zur Folge hat, dass dieses System grundsätzlich auch in nicht abgedunkelten Räumen eingesetzt werden kann.<sup>[159]</sup>

Weiterer Vorteil bei der Nutzung dieses Verfahrens ist die Möglichkeit einer individuellen Neigung des Kopfes, da das Licht nicht linear polarisiert wird. Zudem wird für die Projektion nur ein DLP Cinema - Projektor benötigt. Auch herkömmliche Leinwände können verwendet werden, da eine erhöhte Reflexion, wie beim Polarisationsverfahren durch die Silberleinwand, nicht notwendig ist. Der höchste Lichtstromverlust tritt erst bei der Filterung der Wellenlängen - Tripel auf. Die eben genannten Vorteile bringen zwar eine Kostenersparnis für den Kinobetreiber mit sich, allerdings ist die Anschaffung des Synchronisationsservers (Dolby DFC100), des Farbrades und der Interferenzfilterbrillen sehr teuer.<sup>[160]</sup>

Ein anderer Nachteil dieser Technik ist, dass die Filmdateien speziell angepasst werden müssen, damit eine exakte Raumbildprojektion möglich ist. Die anderen Verfahren können schon jetzt die gleichen Filmdateien verarbeiten und wiedergeben, so der Stand im Juli 2008.<sup>[161]</sup>

---

159 vgl. Jorke, Helmut: Infitec - Wellenlängenmultiplex, Visualisierungssysteme, Seite 6

160 vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino

161 vgl. ebenda

## 10 Analyse der 3D - Film - Statistik von 1910 bis 2009

Die für die Analyse zugrundeliegenden Daten gehen auf die Angaben der verwendeten Quellen zurück und können nur als Richtwerte betrachtet werden. Eine vollständige Aufzählung aller bisher produzierten 3D - Filme ist nicht möglich, da bei manchen 3D - Produktionen unterschiedliche Veröffentlichungsdaten angegeben wurden. Die verwendeten Veröffentlichungsdaten beziehen sich jeweils auf die erste weltweite Aufführung. Bei den Graphen in den Diagrammen dieses Kapitels handelt es sich um Ausgleichskurven, in der die einzelnen Koordinatenpunkte zur Verdeutlichung miteinander verbunden wurden.

### 10.1 Überblick von 1910 bis 1949

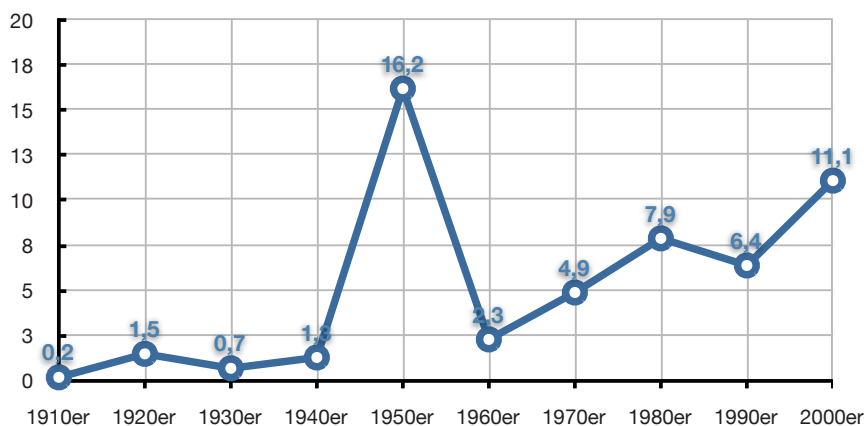


Abbildung 28: 3D - Filme 1910er - 2000er<sup>[162]</sup>

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden die ersten 3D - Kurzfilme produziert und veröffentlicht. Der erste dreidimensionale Langfilm war „The Power of Love“, welcher am 27. September 1922 seine Premiere in den USA hatte. Dabei handelte es sich um einen Stummfilm der Firma Haworth Pictures Corporation. Zur Bildtrennung wurde das Anaglyphenverfahren verwendet.<sup>[163][164]</sup>

162 Tabelle 7 (siehe Anhang)

163 The Internet Movie Database; The Power of Love (1922); 03.07.2009

164 Wikipedia: 3D-Film, Geschichte; 03.07.2009

In den 1920er Jahren wurden insgesamt 15 Filme für stereoskopische Bildtrennungungsverfahren veröffentlicht. Dabei handelte es sich größtenteils um Kurz- und Dokumentarfilme, die im Anaglyphenverfahren produziert wurden.

In den 1930er Jahren ging die Zahl der Veröffentlichungen zurück. Auslöser dafür war die Weltwirtschaftskrise, deren Folgen noch bis in die Mitte der 1930er - Jahre andauerte. Ein weiterer Grund war, dass die Technik noch in den Anfängen steckte und nicht ausgereift war, sodass das Publikum von der Qualität der 3D - Filme nicht überzeugt war. Für die Menschen war es angenehmer, einen zweidimensionalen Film zusehen, als einen Anaglyphenfilm. Außerdem war die Produktion eines 3D - Films mit höheren Kosten, unter anderem für die Anaglyphenbrillen und die längere Postproduktion, verbunden. Somit war die Produktion zweidimensionaler Filme günstiger und einfacher.

Auch das Interesse der Menschen war zu dieser Zeit anders gelagert. So gab es in den 1930er zahlreiche politische Unruhen, vor allem in Europa, was zur Folge hatte, dass die Menschen in Amerika und Europa ein höheres Informationsbedürfnis besaßen. Im Jahre 1939 brach in Europa der zweite Weltkrieg aus. Nun war der Hauptabsatzmarkt für Kinofilme die USA. Während des zweiten Weltkriegs wurden in den USA vermehrt kritische Filme gegen das Naziregime gedreht. Einer der bekanntesten Vertreter ist Charlie Chaplin mit seinem Film „Der große Diktator“ aus dem Jahre 1940.

In den Jahren 1942 bis 1945 wurden keine 3D - Filme veröffentlicht. Erst nach Kriegsende 1946 kam wieder ein 3D - Spielfilm in die Kinos. Dabei handelte es sich um die russische Verfilmung von Daniel Defoes „Robinson Kruso“. In den darauf folgenden Jahren wurden 3D - Filme vorwiegend in den USA und in der Sowjetunion produziert.

Wenn man den Verlauf des Graphen weiterverfolgt, dann ist deutlich erkennbar, dass in den 1950er Jahren der 3D - Film einen regelrechten Aufschwung erlebte. Mit rund 16,2 jährlichen Veröffentlichungen ist es das Jahrzehnt, in welchem bisher die meisten 3D - Kinofilme erschienen. Bereits in den 1960er Jahren ist ein durchschnittlicher Abfall um 13,9 Filme auf jährlich nur noch 2,3 Filme zu verzeichnen.

Die Gründe für diese und weitere Entwicklungen werden in den Kapiteln 10.2 und 10.3 näher erläutert.

In den darauf folgenden Jahrzehnten ist ein fast stetiger Anstieg der Veröffentlichungen zu erkennen. So waren es in den 1970er Jahren 4,9 Filme pro Jahr. Das entspricht einem durchschnittlichen Zuwachs von 2,6 Filmen. In den 1980er Jahren stieg diese Zahl um drei Filme auf durchschnittlich 7,9 Filme pro Jahr. Erst in den 1990er Jahren erlebte dieser Trend einen Dämpfer und es kam zu einem Rückgang von 1,5 Filmen, sodass durchschnittlich 6,4 Filme pro Jahr veröffentlicht wurden. Dieser Wert liegt über dem der 1970er-Jahre, was somit nur als leichter Rückgang gewertet werden kann. Schon im darauf folgenden Jahrzehnt ist wieder ein Zuwachs von 4,7 Filmen auf durchschnittlich 11,1 Filme pro Jahr zu verzeichnen.

### 10.2 3D - Filmentwicklung in den Jahren 1950 bis 1969

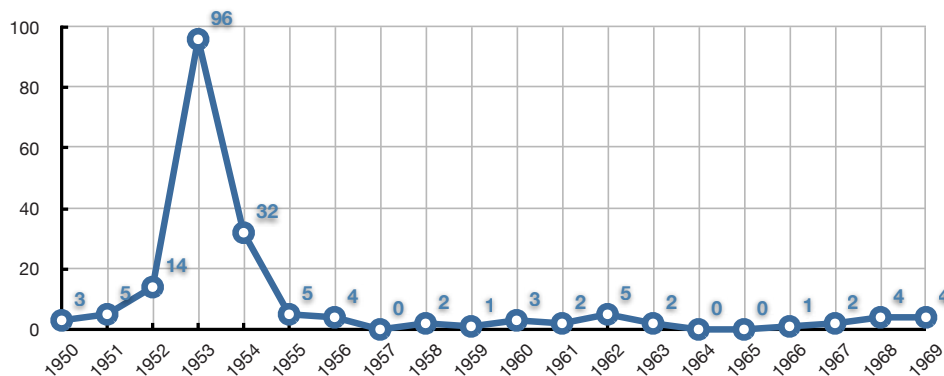


Abbildung 29: 3D-Filmveröffentlichungen in den Jahren 1950 - 1969 <sup>[165]</sup>

In den Jahren 1950 bis 1952 ist ein leichter Anstieg der von drei auf fünf und dann auf 14 Filme pro Jahr zu verzeichnen. Parallel dazu fand das Fernsehgerät in diesen Jahren Eingang in immer mehr Haushalte. So lag beispielsweise die Produktion 1946 bei 6.500 Geräten, 1948 bei 867.000 Geräten und 1951 bei 7 Millionen Geräten. <sup>[166]</sup> Zudem verlängerte sich zunehmend die Sendedauer der

165 Tabelle 8 (siehe Anhang)

166 Monaco, James; Filme verstehen; 2004; Seiten 576 ff.,



ersten Fernsehsender. Das hatte zur Folge, dass dieses Medium immer mehr zur Konkurrenz für die Kinos wurde, da die Menschen nun in der Lage waren, auch zuhause bewegte Bilder zu sehen. Aus diesem Grund musste das Medium Film weiterentwickelt werden, um die Menschen auch weiterhin ins Kino zu locken. Deshalb griff man auf die 3D - Technik zurück, mit der man den Zuschauern etwas bieten wollte, was sie so nur im Kino erleben konnten.

Im November 1952 lief der Film „Bwana Devil“ an. Dieser Farbfilm gilt als der Auslöser des folgenden 3D - Kino - Booms. Die Neuerung bei „Bwana Devil“ war, dass statt einer Rot-Grün-Brille eine farbneutrale Polfilterbrille verwendet wurde. Diese Brille erlaubte eine gleichzeitige Farb- und Raumwahrnehmung, was eine absolutes technisches Novum darstellte. <sup>[167]</sup>

Auf dieser Grundlage wurden im Jahr 1953 fast 100 3D - Filme veröffentlicht. Neben Spielfilmen kam auch eine Vielzahl von Kurz- und Dokumentarfilmen in die Kinos. Diese wurden vorwiegend von kleineren Filmstudios produziert und konnten technisch und inhaltlich nicht mit den Produktionen der großen Studios, wie zum Beispiel die Warner Bros. Pictures Produktion „Hondo“ mit John Wayne, mithalten.

Mit der neuen Technik war ein hoher Aufwand verbunden. So mussten zwei Projektoren gleichzeitig betrieben werden und statt einer normalen Leinwand benötigten die Kinobetreiber eine Silberleinwand. Eine der größten Schwierigkeiten stellte die exakte Synchronisation der beiden Projektoren dar, was nur selten gelang. Auch die Qualität der Projektoren wies Mängel auf, was sich zum Beispiel in einem unruhigen Stand des Projektors und Helligkeitsunterschieden bemerkbar machte. Diese Faktoren beeinflussten wesentlich das Kinoerlebnis. So kam es nicht selten dazu, dass die Zuschauer Kopfschmerzen bekamen, da das Gehirn mit der Verarbeitung der Bilder überfordert war. <sup>[168]</sup>

Auch das Konkurrenzprodukt Fernseher erlebte einen Aufschwung, nicht zuletzt durch die Live-Übertragung der Krönung von Queen Elizabeth II. im Jahr 1953. All diese Faktoren führten dazu, dass

---

167 vgl. Janssen, Jan-Keno: Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D boomen

168 vgl. ebenda

sich das 3D-Kino nicht durchsetzen konnte. Dieser Trend zeigte sich bereits 1954, als nur noch 32 Filme in 3D in die Kinos kamen.

Die Jahre 1955 bis 1969 verdeutlichen, dass sich das 3D-Kino nicht behaupten konnte, denn in diesen Jahren wurden jährlich durchschnittlich 2,3 stereoskopische Filme produziert.

### 10.3 3D-Filmentwicklung in den Jahren 1970 bis 1989

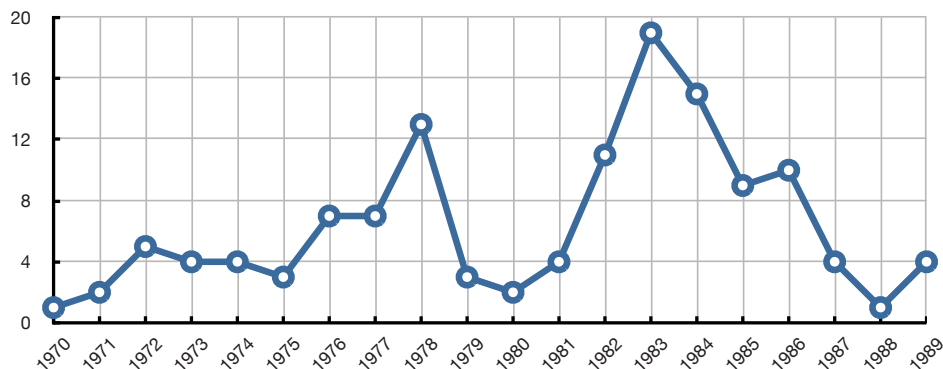


Abbildung 30: 3D-Filmveröffentlichungen in den Jahren 1970 - 1989<sup>[169]</sup>

Die Kurve der 1970er-Jahre zeigt, dass kein großes Interesse an 3D-Filmen bestand. Allerdings können zwei Beobachtungen gemacht werden. So entstand ein Großteil der stereoskopischen Filme außerhalb der USA, unter anderem in Westeuropa, Südkorea und Japan. Filme, die in den USA produziert wurden, besaßen häufig einen erotischen bis pornographischen Inhalt. Grund dafür war, dass in diesem Jahrzehnt in den USA die Branche der Pornofilme zu boomen anfang. Das hatte zur Folge, dass auch in den Kinos pornographische Filme gezeigt wurden. Aus dieser Motivation heraus wurden dort auch stereoskopische Pornofilme veröffentlicht. Eine weitere Entwicklung, die in den 1970er Jahren begann, war die Produktion von Heimkinosystemen wie Betamax von Sony, Video2000 der Firmen Grundig und Philips sowie das Format VHS von JVC, welches sich durchsetzen konnte. Mit den Heimkinosystemen war es möglich, Anaglyphenfilme auch zuhause wiederzugeben und mittels Rot-Grün-Brille auch räumlich wahrzunehmen.

---

169 Tabelle 9 (siehe Anhang)

Neben dieser Entwicklung versuchte man aus den Fehlern bzw. Problemen der 1950er- Jahre zu lernen und entwickelte das Single-Strip-Verfahren, bei dem nur noch ein Projektor mit einer entsprechenden Speziallinse benötigt wurde. Das führte dazu, dass es zu Beginn der 1980er- Jahre einen erneuten Aufschwung der 3D- Kinofilme gab. Zwei der bekanntesten Filme aus diesem Jahrzehnt sind „Jaws 3D“ („Der weiße Hai“) und „Amityville 3D“. <sup>[170]</sup>

Im Jahr 1986 erschien der erste stereoskopische Film der Firma IMAX. Es handelt sich dabei um „Transitions“, der für die Weltausstellung 1986 produziert wurde. Aus diesem Anlass baute die Firma IMAX Corporation ihr erstes 3D- Kino. Seitdem werden fast jährlich 3D- Dokumentationen und Kurzfilme, mit unter 60 Minuten Länge, von IMAX produziert. Auch in der zweiten Hälfte der 1980er- Jahre gingen die Neuveröffentlichungen von 3D- Filmen in Kinos und auf VHS wieder zurück.

#### 10.4 3D - Filmentwicklung in den Jahren 1990 bis 2009

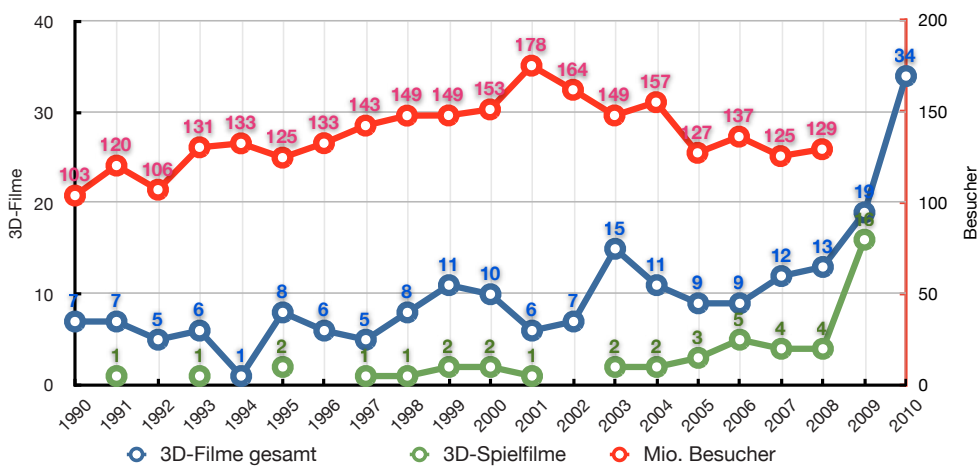


Abbildung 31: 3D - Filmveröffentlichungen in den Jahren 1990 - 2009 und Kinobesucherzahlen (Deutschland) <sup>[171]</sup>

170 vgl. Janssen, Jan-Keno; Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D boomen

171 Tabelle 10 und Tabelle 11 (siehe Anhang)

Das Diagramm zeigt neben den jährlichen Veröffentlichungen von stereoskopischen Spielfilmen (grün) und der Gesamtzahl an 3D - Filmveröffentlichungen (blau) auch die Entwicklung der Kinobesucher in Deutschland in Millionen Besucher.

In die Gesamtzahl wurden neben den 3D - Veröffentlichungen in Freizeitparks und Kinos auch die 3D - Filme, die ausschließlich auf VHS und DVD erschienen sind, mit eingerechnet.

Dem Diagramm lässt sich entnehmen, dass auch in den 1990er - Jahren nur vereinzelt 3D - Spielfilme produziert bzw. veröffentlicht wurden. Die Gesamtzahl bezieht auch stereoskopische Dokumentationen und Kurzfilme ein, von denen jährlich ungefähr 4,6 veröffentlicht wurden. Die Dokumentationen sind hauptsächlich auf die Firma IMAX Corporation zurückzuführen. Sie produzierte in erster Linie für ihre immer weiter wachsende Zahl an IMAX - Kinos. Da es sonst nur wenige Kinos gab, die in der Lage waren, die stereoskopische Filme wiederzugeben, war der 3D - Film überwiegend in Freizeitparks als Attraktion zu finden.

Die Kinobesucherzahlen erreichten in der Mitte der beiden Jahrzehnte mit 178 Millionen im Jahr 2001 ihren Höhepunkt. Der darauf folgende Rückgang hatte zwei wesentliche Gründe. So entwickelte sich in den 1990er - Jahren das Internet zu einem Massenmedium. Mit dem Ausbau von Breitbandverbindungen wie ADSL, konnten immer größere Datenmengen übertragen werden. Diese begünstigte die Entstehung von Internetausbörsen und Download - Plattformen, auf denen verschiedene Medien, darunter ganze Filme, zum illegalen Herunterladen angeboten wurden. Da das Kopieren digitaler Filme sehr einfach ist und keine Qualitätsverluste entstehen, fand eine rasche Verbreitung im Internet statt. Teilweise kommt es zu einer Verbreitung von Filmen im Internet, noch bevor sie offiziell erschienen sind. Die daraus resultierenden Folgen sind zum einen hohe finanzielle Einbußen der Filmindustrie und zum anderen ein Rückgang der Kinobesucherzahlen.

Der Rückgang der Besucherzahlen hängt auch mit der Digitalisierung der Unterhaltungselektronik zusammen. So haben die Einführung der DVD im Jahr 1997 und die steigende Qualität der Heimkinotechnik zum Rückgang beigetragen. Mit der Heimkinotechnik, meistens bestehend aus DVD - Player, Soundsystem und

Großbildfernseher, bestand die Möglichkeit, Filme mit Kinoqualität wiederzugeben. Aufgrund des Überangebotes und der raschen Produktion an qualitativ hochwertigen Systemen sank der Preis für diese Technik und wurde so für den Privatsektor bezahlbar.

Die Digitalisierung machte auch vor der Filmindustrie nicht halt. So wurden innerhalb kürzester Zeit alle Arbeitsabläufe digitalisiert. Auch die Kinos folgten diesem Prozess, wenn auch nur schleppend, und begannen ihre analogen Projektoren gegen digitale zu ersetzen. So müssen die schweren Filmrollen nicht mehr mit einer Spezialspedition in die Kinos gebracht werden, was einen entscheidenden Vorteil darstellt. Es reicht eine Festplatte aus, die per Post an die Kinos verschickt wird. Sollte die Festplatte verloren gehen, ist sie für andere nicht nutzbar, da die Daten mit einem Algorithmus verschlüsselt. <sup>[172]</sup>

Im Jahr 2005 entwickelte die US-amerikanische Firma RealD ein neues Verfahren zur Projektion stereoskopischer Bilder. Ursprünglich wurde diese Methode für den Röhrenmonitor konzipiert, schließlich aber für die Leinwand adaptiert. Bei diesem Verfahren war nur noch ein digitaler Projektor notwendig, um 3D - Filme polarisiert zu projizieren. In dieser wesentlichen Weiterentwicklung sah die Filmindustrie eine Möglichkeit, die rückläufigen Besucherzahlen und Umsätze zu stoppen, da die aktuelle Technik sich als ausgereift bewies und ein optimales Raumbild vermittelte. <sup>[173]</sup>

Die ersten großen 3D - Filmproduktionen zeigten, dass dieser Trend bei den Zuschauern ankommt. Der Film „Hannah Montana & Miley Cyrus: Best of both Worlds Concert“ wurde zwar 2008 nur auf 683 Leinwänden in 3D in den USA gezeigt, spielte am ersten Wochenende jedoch 31,1 Millionen US-Dollar ein. In diesem Zeitraum schaffte das kein anderer zweidimensionaler Film. <sup>[174]</sup>

---

172 vgl. Janssen, Jan-Keno; Revolution auf Raten - Die digitale Umrüstung der deutschen Kinos läuft schleppend

173 vgl. Janssen, Jan-Keno, Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D boomen

174 vgl. Janssen, Jan-Keno; Revolution auf Raten - Die digitale Umrüstung der deutschen Kinos läuft schleppend

Bis die Zahl der 3D - Filmerscheinungen anstieg, dauerte es jedoch noch, da zum einen die Kinobetreiber von der neuen digitalen Technik überzeugt werden mussten. Ohne diese Technik ist eine moderne stereoskopische Vorführung nicht möglich. Zum anderen benötigt die Produktion der Filme eine gewisse Zeit. Im Jahr 2009 wuchs die Zahl der gesamten 3D - Veröffentlichungen auf 19 Filme. Für das Jahr 2010 soll die Zahl auf ungefähr 34 Filme ansteigen.

Somit lässt sich ein Trend zum 3D - Kino erkennen. Damit das 3D - Kino dauerhaft bestehen kann, müssen neben den technischen Voraussetzungen, die mittlerweile gegeben sind, auch die Inhalte der Filme überzeugen.

Nicht zuletzt hilft die momentane Popularität von computeranimierten Filmen (CGI), wie „Ice Age 3D“, „Oben“ oder „Monsters vs. Aliens“, die ohne all zu großen Aufwand zu einem 3D - Film umgerechnet werden können, dem 3D - Kino zum Aufschwung.

## 11 Schlusswort

Die in dieser Arbeit geführten Analysen und Vergleiche der einzelnen Projektionstechniken unter Einbeziehung ihrer Architektur, Merkmale sowie Vorzüge und Nachteile führten zu verschiedenen Erkenntnissen. Auch die Betrachtung der historischen Entwicklung der 3D - Filme ermöglicht das Aufstellen einer Prognose für den weiteren Verlauf und mögliche Chance des 3D - Films.

Hauptproblem in den Anfangs- und bisherigen Hochphasen war die unzureichend entwickelte Technik, die für den enormen Synchronisationsaufwand nicht genügend ausgereift war. Der Grund dafür lag in der Verwendung analoger Verfahren.

Mit der Entwicklung neuer Systeme, wie der Shutter-Technik und der Interferenzfilter - Technik, sowie der Weiterentwicklung des Polarisationsverfahrens, konnten Systeme geschaffen werden, welche die Probleme von damals minimierten. Jedoch konnte erst mit der Digitalisierung der Aufwand der Synchronisation so verringert werden, dass die Herstellung von 3D - Filmen für die Produktionsfirmen interessant wurde.

Ein Fehler, der bisher in jeder Hochphase des 3D - Kinos gemacht wurde, war die hauptsächlich Produktionen von Filmen eines bestimmten Genres. Somit konnte nicht die Masse der Zuschauer erreicht werden. Auch im Jahr 2009 scheint sich dieser Fehler zu wiederholen, denn der überwiegende Teil an 3D - Filmveröffentlichungen waren Animationsfilme. Diese liefen zwar erfolgreich in den Kinos, können allerdings nicht auf Dauer der bloße Inhalt von 3D - Filmen sein. Die Produktion von Realfilmen in 3D darf nicht vernachlässigt werden, um ein breites Publikum anzusprechen. Nur so kann es der 3D - Film und das 3D - Kino schaffen, vom Nischenprodukt zu einem massentauglichen Medium zu werden.

Die Filmemacher müssen außerdem den „3D - Effekt“ als ergänzendes Element ihrer Produktionen begreifen, welches sich in die Dramaturgie einordnet und diese sinnvoll unterstützt. Mit einer bloßen Aneinanderreihung von 3D - Effekten wird man das Publikum nicht gewinnen können, denn eine Technik wird nur akzeptiert werden, wenn sie einen zusätzlichen Nutzen bringt und nicht zum reinen Selbstzweck existiert.

Ähnlich verhielt es sich mit anderen zusätzlichen Elementen des Films, wie Ton und Farbe, die erst mit der Zeit begannen, die Dramaturgie zu unterstützen. Zu Beginn wurden diese Techniken auf ihr Maximum ausgereizt, bis man begann, sie zusammen mit der Handlung zu einer Einheit zu verbinden. Verdrängen wird das 3D-Kino die herkömmlichen 2D-Kinos nicht, dafür sind diese zu etabliert. Letztlich wird es auf eine Koexistenz hinauslaufen.

Auch die unterschiedlichen Bildtrennungsvorahren werden erhalten bleiben, da für unterschiedliche Arten von Kinos verschiedene Techniken gebraucht werden. So ist es für Kinoketten und Multiplex-Kinos, die einen hohen Besucherandrang besitzen, günstiger, eine Silberleinwand zu kaufen, als unzählige teure Interferenzfilter- oder Shutter-Brillen. Aus diesem Grund rentieren sich die Polarisierungstechniken bei großen Kinos. Im Gegensatz dazu werden kleine Kinos mit einer geringen Besucherzahl eher das Interferenzfilter- oder das Shutter-Verfahren verwenden, da es hier günstiger ist, mehrere teure Interferenzfilter- oder Shutter-Brillen zu kaufen, als sich eine kostenintensive Silberleinwand anzuschaffen.

Die Produktions- und Distributionsfirmen fördern den aktuellen 3D-Boom bewusst, um zum einen neue Einnahmequellen zu erschließen und zum anderen den Trend der rückläufigen Kinobesucherzahlen zu stoppen.

Die derzeitigen 3D-Filme können neben dem Kino auch bald im privaten Sektor angesehen werden. Die Entwicklung von 3D-Displays für die Heimanwendung ist in vollem Gange und es ist nur eine Frage der Zeit, bis so ein weiterer Vertriebsweg für die dreidimensionalen Filme entsteht.

Neben den namhaften Produzenten und Regisseuren aus Hollywood sieht zum Beispiel auch Simon Robinson, Mitbegründer und Chief Scientist bei The Foundry, das enorme Potential, welches in der aktuellen 3D-Entwicklung steckt. „Das Drehen mit zwei Kameras ist nur der Anfang. Uns interessiert, wie sich die Daten von multiplen Kameras außerdem nutzen lassen. Man könnte zum Beispiel mit einem ganzen Kameraset drehen, das nicht nur eine 3-D-Ansicht erlaubt, sondern auch einen Perspektivwechsel des Zuschauers.“<sup>[175]</sup>

---

175 vgl. Dauerer, Verena, Neues Sehen



Die Grundlage für eine erfolgreiche Etablierung des 3D-Kinos ist mit der Digitalisierung gelegt. Nun liegt es an den Produktionsfirmen, diese Technik auszunutzen und dem Publikum schmackhaft zu machen, denn nur so kann ein kommerzieller Erfolg gesichert werden.

## Literaturverzeichnis

### Bücher

- Engelmann, Lutz / Meyer Lothar / Pews-Hocke, Christa et al.:*  
Spektrum elektromagnetischer Wellen; in: Formeln und  
Tabellen für die Sekundarstufe I und II; paetec Gesellschaft für  
Bildung und Technik mbH; Berlin 1999
- Kemner, Gerhard:* Stereoskopie: Technik, Wissenschaft, Kunst  
und Hobby; Museum für Verkehr und Technik Berlin;  
Berlin 1989
- Monaco, James:* Filme verstehen; Bock, Hans-Michael (Hrsg.);  
Rowohlt Taschenbuch Verlag; Hamburg 2004
- Schlam, Scott (Hrsg.):* Advances in Display Technology IV  
(Proceedings of S P I E); Society of Photo Optical;  
Bellingham 1984

### Zeitschriften

- Dauerer, Verena:* Neues Sehen; in: Page, Nr. 9, August 2009;  
Seite 86ff.
- Janssen, Jan-Keno:* 3D 2.0 - Neuer Anlauf für Stereoskopie  
im Kino; in: c't - Magazin für Computertechnik, Nr. 16,  
21.07.2008; Seiten 72ff.
- Janssen, Jan-Keno:* Ganz alt, aber neu - Digitaltechnik lässt 3D  
boomen; in: c't - Magazin für Computertechnik, Nr. 15,  
06.07.2009; Seiten 80ff.
- Janssen, Jan-Keno:* IMAX wird digital: Hausmannskost statt High-  
End; in: c't - Magazin für Computertechnik, Nr. 16, 21.07.2008;  
Seite 35
- Janssen, Jan-Keno:* Revolution auf Raten - Die digitale Umrüstung  
der deutschen Kinos läuft schleppend; in: c't - Magazin für  
Computertechnik, Nr. 11, 13.05.2008; Seiten 80ff.

*Janssen, Jan-Keno*: Rollentausch - Zelluloid ade, hier kommt HD;  
in: c't - Magazin für Computertechnik, Nr. 20, 17.09.2007;  
Seiten 80ff.

*Sand, Rüdiger*: 3D-Fernsehen - Entwicklungsstand und  
Perspektiven; in: Rundfunktechnische Mitteilungen, Nr. 3,  
Jahrgang 37/1993

*Schröter, Astrid*: Immer mehr Kinos setzen auf die Dritte Dimension;  
in: Kinoton informiert, Nr. 5, 20.03.2009, Seiten 2 ff.

*Schröter, Astrid*: Kabinfenster und Bildwand;  
in: Kinoton informiert, Nr. 5, 20.03.2009; Seite 1

## **Internetquellen**

*BR-online*: Von der 2D- zur 3D-Projektion im Kino; 12.07.2009;  
27.07.2009;  
[http://www.br-online.de/kultur/film/3d-kino-DID1247414999703/  
3d-kino-3d-film-3d-effekt-ID1247408912914.xml?  
\\_requestid=397478](http://www.br-online.de/kultur/film/3d-kino-DID1247414999703/3d-kino-3d-film-3d-effekt-ID1247408912914.xml?_requestid=397478)

*Bungert, Christoph*: 3D-Movie & Video Chart; in: stereo3d.com;  
29.03.2005; 06.07.2009;  
<http://www.stereo3d.com/movchart.htm>

*Christie Accessoires & Options*: CDXL-20 Lamp; 22.07.2009;  
[http://www.christiedigital.com/AMEN/AccessoriesConfigurations/  
CDXLDigitalCinemaLamps/CDXL20Lamp00300059801.htm](http://www.christiedigital.com/AMEN/AccessoriesConfigurations/CDXLDigitalCinemaLamps/CDXL20Lamp00300059801.htm)

*Cinebyte*: 35-mm-Film - Laufzeit, Filmlänge; 24.07.2009;  
[http://www.cinebyte.de/html/6\\_KnowHow\\_35mm3.html](http://www.cinebyte.de/html/6_KnowHow_35mm3.html)

*Cowan, Matt*: 3D Systems - Matt Cowan - Venice Film Festival;  
PDF-Datei; in: RealD.com; 01.09.2006; 14.07.2009  
<http://www.reald.com/Content/Files/Venice.pdf>

*Cowan, Matt*: REAL D 3D System; PDF-Datei;  
in: RealD.com; 23.10.2007; 14.07.2009;  
<http://www.reald.com/Content/Files/REALD3DSystems.pdf>

Cowan, Matt: Stereoscopic 3D - How it Works; PDF-Datei;  
in: RealD.com; 03.10.2007; 14.07.2009;  
[http://www.reald.com/Content/Files/  
Stereoscopic3DHowitWorks.pdf](http://www.reald.com/Content/Files/Stereoscopic3DHowitWorks.pdf)

*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt:*

Stereobilder und Verzerrungen - Anaglyphe und anamorphe  
Bildbearbeitung; PDF-Datei, Seite 4; 17.11.2005; 29.06.2009;  
[http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/  
dokumente/ba/experimentbeschreibung\\_stereobilder.pdf](http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/ba/experimentbeschreibung_stereobilder.pdf)

*Digital Cinema Initiatives:* Digital Cinema System Specification  
Compliance Test Plan Version 1.1; PDF-Datei; 08.05.2009;  
22.07.2009;  
[http://www.dcimovies.com/DCI\\_CTP\\_v1\\_1.pdf](http://www.dcimovies.com/DCI_CTP_v1_1.pdf)

*FFA - Filmförderungsanstalt:* D-Cinema in der Praxis; 28.07.2009;  
[http://www.ffa.de/index.php?page=sdk2006\\_technik\\_praxis](http://www.ffa.de/index.php?page=sdk2006_technik_praxis)

*FFA - Filmförderungsanstalt:* Der Kinobesucher 2008 - Strukturen  
und Entwicklungen; PDF-Datei; 20.04.2009; 03.07.2009;  
[http://www.ffa.de/downloads/publikationen/  
kinobesucher\\_2008.pdf](http://www.ffa.de/downloads/publikationen/kinobesucher_2008.pdf)

*FFA - Filmförderungsanstalt:* Prinzip D-Cinema nach DCI;  
27.07.2009;  
[http://www.ffa.de/index.php?page=sdk2006\\_basis\\_prinzip](http://www.ffa.de/index.php?page=sdk2006_basis_prinzip)

*Filme von A bis Z:* Der weiße Hai 3-D; 23.07.2009;  
[http://www.filmevonabisz.de/filmsuche.cfm?wert=35868&  
sucheNach=titel](http://www.filmevonabisz.de/filmsuche.cfm?wert=35868&sucheNach=titel)

*Fraunhofer Institut:* Digital Cinema Package; 4/2009; 18.07.2009;  
<http://www.iis.fraunhofer.de/bf/bv/cinema/Postproduktion.jsp>

*Fraunhofer IIS:* Technik des Digitalen Kinos; PDF-Datei; 04.12.2008;  
27.07.2009;  
[http://www.iris-media.info/IMG/pdf/Kinoforum2008\\_Foessel3.  
ppt.pdf](http://www.iris-media.info/IMG/pdf/Kinoforum2008_Foessel3.ppt.pdf)

*Heise.de; Janssen, Jan-Keno:* 3D-Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz; 13.07.2009; 14.07.2009;  
<http://www.heise.de/ct/3D-Kinos-in-Deutschland-Oesterreich-und-der-Schweiz--/artikel/120148>

*Herbig, Gerhard P.:* Stereofotografie heute - Räumliches Sehen;  
in: *Herbig-3D.de*; 17.06.2005; 24.06.2009;  
[http://www.herbig-3d.de/german/stereofotografie\\_heute.htm#2](http://www.herbig-3d.de/german/stereofotografie_heute.htm#2)

*ITWissen:* Interferenzfilter; 03.08.2009;  
<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/interferenzfilter-interference-filter.html>

*Kinoton:* So funktioniert 3D im Kino; 26.06.2009;  
[http://www.kinoton.de/3d\\_funktion.htm](http://www.kinoton.de/3d_funktion.htm)

*Maier, Florian:* Das Anaglyphenverfahren; in: *Video-3D.de*; 2001;  
29.06.2009  
<http://www.video-3d.de/beschreibung-3.html>

*Maier, Florian:* Das VISIDEP-Verfahren; in: *Video-3D.de*; 2001;  
26.06.2009  
<http://www.video-3d.de/beschreibung-3.html>

*Maier, Florian:* Einleitung; in: *Video-3D.de*; 2001; 24.06.2009;  
<http://www.video-3d.de/einleitung.html>

*Maier, Florian:* Grundsätzliches zu den 3D-Verfahren;  
in: *Video-3D.de*; 2001; 26.06.2009  
<http://www.video-3d.de/einleitung.html>

*Masterimage:* Produktbroschüre; PDF-Datei; 21.03.2007; 18.07.2009;  
[http://masterimage.co.kr/new\\_eng/data/masterimage.zip?pos=60](http://masterimage.co.kr/new_eng/data/masterimage.zip?pos=60)

*Masterimage3d.com:* masterImage MI-2100 Digital 3D System;  
18.07.2009;  
<http://www.masterimage3d.com/mi-2100.html>

*more3D GmbH:* Stereoskopie ist natürliches Sehen - 3-D-Stereo;  
26.06.2009;  
<http://p57006.typo3server.info/Stereoskopie.19.0.html>

*more3D GmbH*: Stereoskopie ist natürliches Sehen - farbcodiertes Bildtrennverfahren; 01.07.2009;  
<http://p57006.typo3server.info/Farbtrennung.25.0.html>

*SonyCenter.de*: CineStar IMAX 3D; 24.07.2009  
[http://www.sonycenter.de/aw/Home/Entertainment/Kultur\\_und\\_Unterhaltung/CineStar\\_Original/~ha/CineStar\\_IMAX\\_D/?lng=de](http://www.sonycenter.de/aw/Home/Entertainment/Kultur_und_Unterhaltung/CineStar_Original/~ha/CineStar_IMAX_D/?lng=de)

*Technische Universität Bergakademie Freiberg*: Lichtpolarisation; PDF-Datei; 04.04.2005; 13.07.2009;  
<http://www.tu-freiberg.de/~exphys/education/prakg/O11-Polarisation.pdf?PHPSESSID=7473510add2974527c1dba4fe49cf0af>

*The Internet Movie Database*: The Power of Love (1922); 03.07.2009;  
<http://www.imdb.de/title/tt0013506/>

*Universität Tübingen*: Die Polarisation von Licht; PDF-Datei; 18.07.2000; 13.07.2009;  
[http://www.uni-tuebingen.de/uni/pki/skripten/elektrizitaet/V8\\_3Polarisation.pdf](http://www.uni-tuebingen.de/uni/pki/skripten/elektrizitaet/V8_3Polarisation.pdf)

*Herbig-3D.de*      Waack, Fritz. G.      Allgemeine Technische Begriffe der Stereoskopie (Raumbildwesen)  
02.07.2009      24.06.2009      <http://www.herbig-3d.de/german/stereoglossar.htm#2>

*Wagner, Jens*: Physikalisches Anfängerpraktikum der Universität Heidelberg - Versuch 231 Polarisiertes Licht; in: Universität Heidelberg; 20.09.2006; 13.07.2009;  
<http://www.physikpraktika.uni-hd.de/versuche2/Versuch231.pdf>

*Wikipedia*: 3D-Film; 02.07.2009; 03.07.2009;  
<http://de.wikipedia.org/wiki/3D-Film>

*Wikipedia*: 3D-Kamera; 11.06.2009; 26.06.2009;  
<http://de.wikipedia.org/wiki/3D-Kamera>

*Wikipedia*: 3D-Projektoren; 28.05.2009; 02.07.2009;  
<http://de.wikipedia.org/wiki/3D-Projektor>

*Wikipedia*: Amityville 3-D; 08.07.2009; 23.07.2009;  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Amityville\\_3-D](http://en.wikipedia.org/wiki/Amityville_3-D)

*Wikipedia*: Infitec; 23.07.2009; 03.08.2009;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Infitec>

*Wikipedia*: Interferenzfilter; 10.07.2009; 03.08.2009;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Interferenzfilter>

*Wikipedia*: Kino; 16.03.2009; 03.07.2009;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kino#Kinobesuche>

*Wikipedia*: TOF-Kamera; 08.06.2009; 26.06.2009;

<http://de.wikipedia.org/wiki/TOF-Kamera>

*Wolfrath, Thomas*: Farbfilterbrillen (Anaglyphenbrillen);

in: *Optik-Visuell.de*; 2007; 01.07.2009

<http://www.optik-visuell.de/brillen/content/farbfilterbrillen.html>

*Woods, Andrew*: Liste der 3D-Filme; in: *The Illustrated 3D Movie*

List; 02.07.2009; 03.07.2009;

<http://www.3dmovielist.com/list.html>

## **Interviews**

*Herbig, Gerhard P.*: Verantwortlicher für digitale 3D-Projektion der Deutschen Gesellschaft für Stereoskopie; Informationen zur Person; E-Mail; 23.06.2009

*Nikol, Dominique*: Projektionsleiter im Neuen Rundkino Dresden; Doppelprojektionsverfahren; persönliches Interview; 20.07.2009

*Pelzer, Stefan*: Projektionsleiter im UFA Kristallpalast Dresden; MasterImage-Technik; persönliches Interview; 17.07.2009

## **Sonstige**

*Debus, Jörg / Strunk, Timo*: Versuch Nr. 46: Faraday-Effekt an Halbleitern; Universität Dortmund; Dortmund; 03.07.2006; Seite 6

*Digital Cinema Initiatives*: Digital Cinema System Specification - Version 1.2; 08.03.2008

*Gruttner, Stefan:* Entwicklung und Evaluierung von verschiedenen Interaktionsparadigmen für das VR Objekt Display; Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin; Fachbereich Wirtschaftswissenschaften II; Berlin; 2004; Seite 17

*Heiden, Wolfgang:* Virtuelle Umgebungen - Virtuelle Realität durch computer-generierte 3D - Modelle; Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg; Bonn; WS 2006/07; Seite 11

*Jorke, Helmut:* Infitec - Wellenlängenmultiplex, Visualisierungssysteme; DaimlerChrysler; Ulm; Februar 2002

*Kutscher, Nikolai / Mielke Beate:* Seminar „Autonome Fahrzeuge“; Freie Universität Berlin; Berlin; 01.05.2005; Seite 1ff.

*UCI Kinowelt:* Presseheft zu Digital 3D; UCI Kinowelt und RealD; Dresden; April 2009



HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät Medien



Stefan Bernhardt

# **Analyse und Vergleich stereoskopischer Projektionstechniken**

**- Anhang -**

– eingereicht als Anhang zur Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. (FH) Andrej Krabbe

Mittweida – 20. August 2009

## Anlagenverzeichnis

Tabelle 5: Verteilung der Projektionssysteme in Deutschland.....	74
Tabelle 6: Verteilung der Polarisationsysteme in Deutschland .....	74
Tabelle 7: 3D-Filmveröffentlichungen in den 1910er bis 2000er Jahren .....	75
Tabelle 8: 3D-Filmveröffentlichungen (1950 bis 1969) .....	75
Tabelle 9: 3D-Filmveröffentlichungen (1970 bis 1989).....	76
Tabelle 10: 3D-Filmveröffentlichungen (1990 bis 2010).....	76
Tabelle 11: Anzahl der Kinobesucher in Deutschland (1990 bis 2008).....	77

## Anhänge

*Tabelle 5: Verteilung der Projektionssysteme in Deutschland*

<b>System</b>	<b>Anzahl der Kinos</b>
Dolby 3D	28
Doppelprojektion	10
IMAX 3D (Polarisation)	3
Masterimage	8
RealD	38
XpanD	31

**Quelle:** Heise.de; Janssen, Jan-Keno: 3D-Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz; 14.07.2009

*Tabelle 6: Verteilung der Polarisationsysteme in Deutschland*

<b>Kinokette</b>	<b>Anzahl der Kinos</b>
UCI	17
CineStar	10
Sonstige	9

**Quelle:** Heise.de; Janssen, Jan-Keno: 3D-Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz; 14.07.2009

*Tabelle 7: 3D-Filmveröffentlichungen in den 1910er bis 2000er Jahren*

Dekade	Anzahl der 3D - Filme	Durchschnitt	Differenz zur Vordekade
1910er	2	0,2	
1920er	15	1,5	1,3
1930er	7	0,7	-0,8
1940er	13	1,3	0,6
1950er	162	16,2	14,9
1960er	23	2,3	- 13,9
1970er	49	4,9	2,6
1980er	79	7,9	3,0
1990er	64	6,4	- 1,5
2000er	111	11,1	4,7

**Quellen:**

- Bungert, Christoph: 3D-Movie & Video Chart; 06.07.2009
- Wikipedia: 3D-Film; 02.07.2009; 03.07.2009
- Woods, Andrew: Liste der 3D-Filme; 03.07.2009

*Tabelle 8: 3D-Filmveröffentlichungen (1950 bis 1969)*

Jahr	Anzahl der 3D - Filme	Jahr	Anzahl der 3D - Filme
1950	3	1960	3
1951	5	1961	2
1952	14	1962	5
1953	96	1963	2
1954	32	1964	—
1955	5	1965	—
1956	4	1966	1
1957	—	1967	2
1958	2	1968	4
1959	1	1969	4

**Quellen:** siehe Tabelle 7

Tabelle 9: 3D-Filmveröffentlichungen (1970 bis 1989)

Jahr	Anzahl der 3D-Filme	Jahr	Anzahl der 3D-Filme
1970	1	1980	2
1971	2	1981	4
1972	5	1982	11
1973	4	1983	19
1974	4	1984	15
1975	3	1985	9
1976	7	1986	10
1977	7	1987	4
1978	13	1988	1
1979	3	1989	4

Quellen: siehe Tabelle 7

Tabelle 10: 3D-Filmveröffentlichungen (1990 bis 2010)

Jahr	Anzahl der 3D-Filme	Anz. d. 3D-Spielfilme	Jahr	Anzahl der 3D-Filme	Anz. d. 3D-Spielfilme
1990	7	—	2000	10	2
1991	7	1	2001	6	1
1992	5	—	2002	7	—
1993	6	1	2003	15	2
1994	1	—	2004	11	2
1995	8	2	2005	9	3
1996	6	—	2006	9	5
1997	5	1	2007	12	4
1998	8	1	2008	13	4
1999	11	2	2009	19	16
			2010	19	

Quellen: siehe Tabelle 7

Tabelle 11: Anzahl der Kinobesucher in Deutschland (1990 bis 2008)

Jahr	Kinobesucher (in Millionen)	Jahr	Kinobesucher (in Millionen)
1990	102,5	2000	152,5
1991	119,9	2001	177,9
1992	105,9	2002	163,9
1993	130,5	2003	149,0
1994	132,8	2004	156,7
1995	124,5	2005	127,3
1996	132,9	2006	136,7
1997	143,1	2007	125,4
1998	148,9	2008	129,4
1999	149,0		

**Quellen:**

- FFA - Filmförderungsanstalt: Der Kinobesucher 2008 - Strukturen und Entwicklungen
- Wikipedia: Kino

## Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel „Analyse und Vergleich stereoskopischer Projektionstechniken“ ausschließlich von mir, Stefan Bernhardt, persönlich verfasst wurde. Bei der Erstellung habe ich keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, habe ich in jedem einzelnen Fall durch die Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht.

Quellendorf, 20. August 2009