

# Diplomarbeit

## **„3D in Film und Video für Low-Budget Produktionen“**

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines  
**Dipl.-Ing (FH) Telekommunikation und Medien**  
am Fachhochschulstudiengang Telekommunikation und Medien St. Pölten

unter der Erstbetreuung von

Dr. Jakob Wassermann

Zweitbegutachtung von

Dipl.-Inform. Joachim Baumert

ausgeführt von

Hermann Rauschmayr

tm0310038059

St. Pölten, am 9. September 2007

Unterschrift:

## Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe
- ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe

Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

.....  
Ort, Datum

.....  
Unterschrift

## **Kurzfassung:**

Diese Arbeit behandelt das Thema 3D im Bereich der Low-Budget Filmproduktion und beschreibt die Produktion ebenso im Rahmen eines Praxisbeispiels. Die Technik hinter 3D-Filmen ist bei großen Produktionen die gleiche wie bei Low-Budget Produktionen, der Aufwand und die Genauigkeit jedoch größer. Durch die gleichen Grundlagen werden ebenso Techniken beschrieben, die bloß in großen Kinos zum Einsatz kommen können, da sich diese nur im Bereich der Wiedergabe unterscheiden, nicht jedoch bei der Aufnahme. Somit besteht auch die Möglichkeit für Low-Budget produzierte 3D-Filme (umso mehr, seitdem HDV auf dem Markt ist) in Kinos Einzug zu halten.

Natürlich wird ebenso auf die geschichtliche Entwicklung des Films und der Basis des Films, insbesondere auf die Fotografie, eingegangen. Weiters werden Filmformate und Standards beschrieben, die für das weitere Verständnis von 3D-Filmen und deren Standards und Formate notwendig sind. Die Entwicklung des Films und der 3D-Produktionen sind wichtige Bestandteile der Arbeit, genauso wie die aktuellsten Forschungen auf dem Gebiet der 3D- sowie der holografischen Displays.

Verschiedene 3D-Techniken, mit deren Vorteilen und Nachteilen bei der Aufzeichnung, Wiedergabe und Qualität sowie auch die eigentlichen Hürden und Techniken bei der tatsächlichen Produktion werden anhand eines Praxisbeispiels erläutert.

Dieses abschließende Praxisbeispiel, bei dem kurze Sequenzen für unterschiedliche Wiedergabetechniken bearbeitet wurden lässt einen direkten Vergleich zwischen den Verfahren zu. Die Sequenzen wurden eigens für diese Arbeit erstellt und sind auf der beiliegenden DVD enthalten.

## **Abstract:**

This work treats the topic 3D within the range the low budget film production as practical example. The technology behind low budget 3D-films ist he same which is used to produce large productions, the expenditures and the accuracy is probalbly higher. Therefore are also techniques described, which can come only in large cinemas to the audience, since these differ only in the way of the presentation, not with the capturing.

Therefore the possibility exists to regard produced low budget 3D-films (the more, since HDV on the market is) in cinemas.

Naturally this thesis is dealt with the historical development of movies and the basis of movies, in particular the photography.

Further film formats and standards are described, which are necessary for the understanding of 3D-filme and their standards and formats.

The development of the film and the 3D-productions are important components of the work, exactly the same as the most current researches in the area of 3D- as well as holografic displays. Different 3D-techniques, with their advantages and disadvantages in recording, presentation and quality are described.

There is also an practical example included to describe the problems in producing a 3D-video. This practical example with short sequences for different techniques were made to make a direct comparison between the procedures possible. The sequences were provided particularly for this work and are contained on the enclosed DVD. By the production of the sequences empirical values could be acquired, which are passed on in this work.

## Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung .....	7
2. Geschichtlicher Rückblick .....	9
2.1. Geschichte der Fotografie.....	10
2.1.1. Camera Obscura.....	10
2.1.2. Das erste Foto.....	13
2.1.3. Kleinbildfilme .....	14
2.2. Geschichte des Films – Erste bewegte Bilder.....	15
2.3. Erste Bilder in 3D .....	16
3. Gängige Techniken.....	19
3.1. Grundlagen der Videotechnik .....	19
3.1.1. Blende.....	19
3.1.2. Interlaced/Zeilensprungverfahren .....	20
3.1.3. Progressive .....	23
3.1.4. PAL/NTSC/SECAM .....	23
3.1.5. HDV/HDTV .....	24
4. 3D .....	25
4.1. Grundlagen von 3D.....	25
4.1.1. Optik des menschlichen Blickes .....	26
4.1.2. Die Technik hinter den 3D Techniken .....	27
4.1.3. Anwendungsgebiete der 3D-Technik.....	27
4.1.4. Fehler bei der Verschmelzung von Stereobildern.....	28
4.1.5. Die 70-Minuten-Bedingung.....	29
4.1.6. Die Stereobasis .....	30
4.2. 3D Techniken mit Hilfsmittel .....	31
4.2.1. Stereoskope.....	31
4.2.2. Anaglyphen.....	33
4.2.3. ColorCode3D .....	34
4.2.4. IMAX.....	35
4.2.5. KMQ Projektion.....	36

4.2.6. Nuptix-3D (Pulfrich Effekt) .....	36
4.2.7. VR-Brillen (HMD-Head Mounted Displays) .....	37
4.2.8. NuView.....	39
4.2.9. Lenticular/Linsenraster .....	41
4.2.10. Shutterbrillen .....	44
4.3. 3D Techniken ohne Hilfsmittel (autostereoskopische Techniken) .....	46
4.3.1. Kreuzblick.....	46
4.3.2. Visidep .....	47
5. Wie ist der aktuelle Stand der Technik .....	49
5.1. Holography.....	49
5.2. autostereoskopisches 3D-Display .....	51
6. Software.....	54
6.1. Quantel.....	54
6.2. Stereoscopic Player .....	55
6.3. More3D.....	57
6.4. Adobe After Effects.....	58
7. Produktion .....	60
7.1. ste-fra Lanc.....	61
7.2. Genlock.....	62
7.3. Produktion von 3D Filmen .....	64
7.3.1. Anaglyphenverfahren .....	64
7.3.2. ColorCode3D .....	68
7.3.3. Pulfrich-Effekt .....	69
8. Abschließende Zusammenfassung .....	70
9. Literaturverzeichnis.....	71
10. Abbildungsverzeichnis.....	73

# 1. Einleitung

3D-Filmproduktionen erlebten in der Zeit, als die Fernseher Einzug hielten, einen regelrechten Boom in den Kinos, der allerdings nicht lange anhielt. Die Notwendigkeit von Hilfsmitteln die den 3D-Effekt erst wirken ließen, erschwerte den Einsatz.

Bis zur heutigen Zeit wurden verschiedenste Systeme mit unterschiedlichsten Ansätzen entwickelt. 3D-Brillen in allen Variationen, verschiedensten Farbkombinationen, Shutterbrillen, Virtual Reality Brillen, Polarisationsverfahren und viele andere Techniken wurden präsentiert. Keines der Verfahren hat sich tatsächlich und merklich durchgesetzt, kurzfristig gab es Booms, aber 3D ist bis heute unbedeutend in der Filmgeschichte geblieben. Die aufwändigere Produktion, die aufwändigere Wiedergabe und die begrenzten Einsatzmöglichkeiten durch die Notwendigkeit der Hilfsmittel sind wohl Gründe dafür.

Mittlerweile wird allerdings an autostereoskopischen Displays geforscht welche bereits teilweise als Werbedisplays zum Einsatz kommen. Diese Displays ermöglichen das Betrachten von 3D-Videos ohne jegliche Hilfsmittel und wirken dadurch als Blickfang (für die Werbeindustrie). Weitere Einsatzmöglichkeiten dieser Displays sind im CAD (computer aided design) Bereich, sowie in der Medizin, bei Computerspielen und natürlich für eindrucksvolle TV Produktionen.

All diese Verfahren, seien es die älteren Anaglyphentechniken oder die neueren autostereoskopischen Displays haben eines gemeinsam, jedes Auge braucht sein eigenes Bild, wobei die beiden Teilbilder im Kopf zu einem plastischen Bild zusammengefügt werden.

Um verschiedenste Techniken, die gerade im Low-Budget Bereich möglich sind, nach deren Qualität unterscheiden und erforschen zu

können, wurden diese in der Praxis getestet und jeweils kurze Clips in den unterschiedlichsten Verfahren erstellt, die einen direkten Vergleich zulassen.

Weiters wird durch den Praxisbericht beschrieben, welche Bedingungen bei der Produktion von Low-Budget 3D Filmen einzuhalten sind und welche Fehler passieren können.

## 2. Geschichtlicher Rückblick

Um die Videotechniken und in weiterer Folge 3D Techniken zu verstehen, muss auf die geschichtliche Entwicklung eingegangen werden. Diese zeigt, dass bereits sehr früh die Bereiche der Fotografie und Filmproduktion erforscht wurden. Durchaus interessant ist auch, dass bereits vor der Entwicklung der Fotografie 3D-Bilder mittels Tuschezeichnungen angefertigt wurden. Durch die Entwicklung der Fotografie und des Filmes war es nahe liegend auch den Bereich des dreidimensionalen mit diesen Medien zu verwirklichen. Lähmend war jedoch bis vor kurzem mehr die Notwendigkeit von Hilfsmitteln (Brillen) zum Erkennen der 3D-Bilder, als die etwas aufwändigere Produktion. Dadurch hielt der 3D-Boom nicht lange an und heute kommt man kaum mehr in den Genuss dreidimensionaler Bilder. Von den ersten Bildern mit einer Belichtungszeit von einem ganzen Tag bis zu autostereoskopischen Displays die mittlerweile die Betrachtung von 3D-Bildern ohne Hilfsmittel ermöglichen, reicht der folgende geschichtliche Rückblick allerdings nicht. Diese aktuellen Entwicklungen, die einen erneuten Boom der 3D-Produktionen auslösen könnten, werden im Kapitel 5 beschrieben.

## 2.1. Geschichte der Fotografie

### 2.1.1. Camera Obscura

#### Entwicklung<sup>1</sup>

In der apokryphen Schrift *Problemata physica* wurde zum ersten Mal die Erzeugung eines auf dem Kopf stehenden Bildes beschrieben, wenn das Licht durch ein kleines Loch in einen dunklen Raum fällt. Vom Ende des 13. Jahrhunderts an wurde die Camera obscura von Astronomen zur Beobachtung von Sonnenflecken und Sonnenfinsternissen benutzt, um nicht mit bloßem Auge in das helle Licht der Sonne blicken zu müssen. Roger Bacon baute für Sonnenbeobachtungen die ersten Apparate in Form einer Camera obscura. Leonardo da Vinci untersuchte den Strahlengang und stellte fest, dass dieses Prinzip in der Natur beim Auge wieder zu finden ist. Erste Versuche mit einer Lochkamera hat der Araber Alhazen bereits um 980 angestellt.

Nachdem es im Mittelalter gelang, Linsen zu schleifen, ersetzte man das kleine Loch durch eine größere Linse. Diese verbesserte Kamera beschrieb 1568 der Venezianer Daniele Barbaro in seinem Werk *La pratica della prospettiva*. Ein solches Gerät scheint auch Johannes Kepler bekannt gewesen zu sein.

Im Jahre 1686 konstruierte Johann Zahn eine transportable Camera obscura (siehe Abbildung 1). Ein Spiegel, der im Winkel von 45 Grad zur Linse im Inneren der Kamera angebracht war, projizierte das Bild nach oben auf eine Mattscheibe und konnte so bequem abgezeichnet werden. Deshalb wurde die Camera Obscura von Malern vor der Fotografie gern als Zeichenhilfe genutzt. Man konnte in ihr die

---

<sup>1</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Camera\\_obscura](http://de.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura)

Landschaft auf Papier abmalen und dabei alle Proportionen richtig wiedergeben. Bekanntestes Beispiel ist der Maler Canaletto mit seinen berühmten Gemälden von Dresden und Warschau.

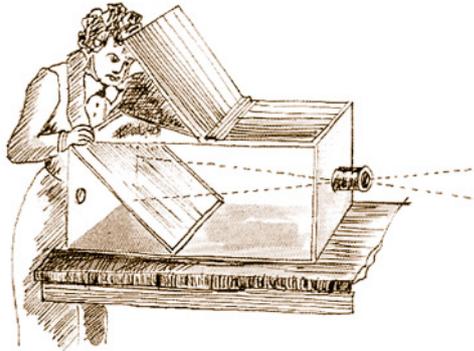


Abbildung 1: Camera Obscura<sup>2</sup>

### Funktionsweise<sup>3</sup>

Ähnlich einer optischen Linse erzeugt ein kleines Loch auf einer Projektionsfläche ein Abbild von angestrahlten Gegenständen. Der kleine Durchmesser der Blende beschränkt die Bündel auf einen kleinen Öffnungswinkel und verhindert die vollständige Überlappung der Lichtstrahlen. Strahlen vom oberen Bereich eines Gegenstands fallen auf den unteren Rand der Projektionsfläche, Strahlen vom unteren Bereich werden nach oben weitergeleitet. Jeder Punkt des Gegenstands wird als Scheibchen auf der Projektionsfläche abgebildet. Die Überlagerung der Scheibchenbilder erzeugt ein zeichnungsfreies Bild. Mathematisch ausgedrückt ist das Bild das Ergebnis einer Faltung aus idealer Abbildung des Gegenstands mit der Blende.

---

<sup>2</sup> [http://www.fotohobby.webxpress50plus.nl/upload/139/images/fotohobby\\_camera\\_obscura.jpg](http://www.fotohobby.webxpress50plus.nl/upload/139/images/fotohobby_camera_obscura.jpg)

<sup>3</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Camera\\_obscura](http://de.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura)

Das Bild ist sehr lichtschwach und es kann nur bei ausreichender Abdunkelung der Umgebung beobachtet werden. Dies geschieht zum Beispiel durch ein Tuch, welches das Umgebungslicht außerhalb der halbtransparenten Rückwand abhält. Oder der Beobachter begibt sich selbst in die Kammer, wobei die Adaption des Auges an die Dunkelheit die Beobachtung erleichtert.

Die Camera Obscura erzeugt Bilder, deren Schärfe nicht von der Entfernung der abgebildeten Objekte abhängig ist. Von einer Schärfentiefe im eigentlichen Sinn kann also nicht gesprochen werden. Bei gleicher Brennweite sind die Bilder der Camera obscura im Vergleich zu denen einer richtig fokussierten Kamera mit einem Linsen- oder Spiegelobjektiv unschärfer. Wird aber die Lochblende in einem großen Abstand vor der Projektionsfläche platziert, kann die Camera obscura feinere Details als eine richtige Optik kürzerer Brennweite auflösen.

Lochblenden werden als abbildende Linsen für Röntgenstrahlung eingesetzt. Denn anders als für sichtbares Licht, gibt es für diese kurzwellige Strahlung keine Materialien mit geeigneter Brechzahl, aus dem sich Linsen herstellen ließen.

## 2.1.2. Das erste Foto<sup>4</sup>

Joseph Nicéphore Niépce (1765 - 1833) gelang 1826 die erste Fotografie auf Asphaltlack (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Das erste Foto<sup>5</sup>

Er hatte nicht wie heute Filme oder Fotopapier zur Verfügung, sondern verwendete die Camera Obscura und Kupferplatten, die mit flüssigem Asphalt bestrichen waren.

Dieser besondere Asphalt wurde mindestens 8 Stunden belichtet, wobei er sich an den Stellen, wo viel Licht auf die Platte fiel, verfestigte.

Nach der Belichtung wusch Niépce die Platte mit einer Mischung aus Lavendelöl und Terpentin aus, um den noch flüssigen Asphalt zu entfernen und das Bild damit haltbar zu machen.

Zur Verbesserung dieses Verfahrens schloss er 1829 einen Vertrag mit Louis Jacques Mandé Daguerre (1787 - 1851) ab, der daraus die Daguerreotypie entwickelte.

---

<sup>4</sup> <http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/foto/nie.html>

<sup>5</sup> <http://img.presence-pc.com/dossiers/noiretb/nicephore.jpg>

### 2.1.3. Kleinbildfilme

Dreischichtenfilme (siehe Abbildung 3), nach deren Technik und Funktionsweise Farbfilme bis heute funktionieren wurden 1938 von Agfa und Kodak auf den Markt gebracht. Die Kleinbildfilme sind auch als 35-mm Filme bekannt, und in verschiedensten Filmempfindlichkeiten (ISO/ASA) und als Schwarz/Weiß-Film (Ilford) oder als Negativ bzw. Positiv. 35-mm-Film wurde ursprünglich ausschließlich für das Einfangen von Bewegtbildern (Kinofilme) verwendet und erst später als praktisches Fotoformat entdeckt.

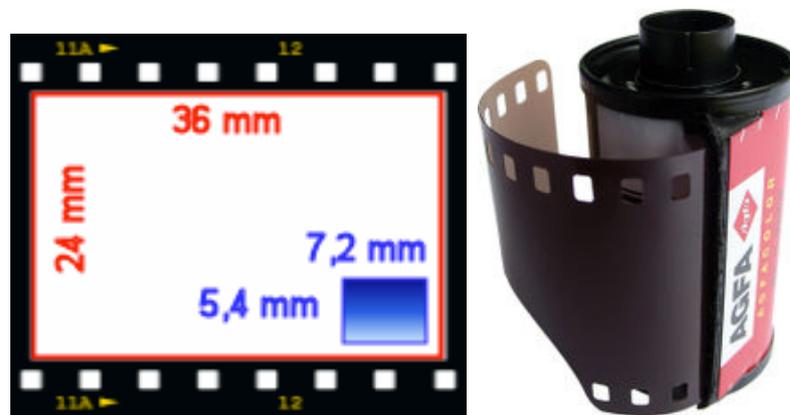


Abbildung 3: Kleinbildfilm<sup>6</sup>

So entstand die Kleinbildfotografie, die sich vor allem auf dem Sektor der Reportagefotografie schnell etablierte; es handelt sich dabei um das in der Fotografie am meisten verwendete Filmformat mit der Breite von 35 mm.

---

<sup>6</sup> [www.poeschel.net](http://www.poeschel.net)

## 2.2. Geschichte des Films – Erste bewegte Bilder

Durch die Daguerreotypie war es erstmals möglich, Lichtbilder herzustellen, die jedoch nicht reproduzierbar waren.

Bis zur wirklichkeitstreuen Filmaufnahme mussten noch einige technische Hürden genommen werden. Die Belichtungszeit war bei Fotografien noch zu lang, als dass man damit einen Film herstellen könnte, dessen Einzelbilder für eine perfekte Bewegungsimulation zeitlich eng genug zusammenlagen. Der Durchbruch gelang im Jahre 1872 dem Wissenschaftler Eadweard Muybridge, der erstmals eine Serienfotografie von einem galoppierenden Pferd anfertigte (siehe Abbildung 4).

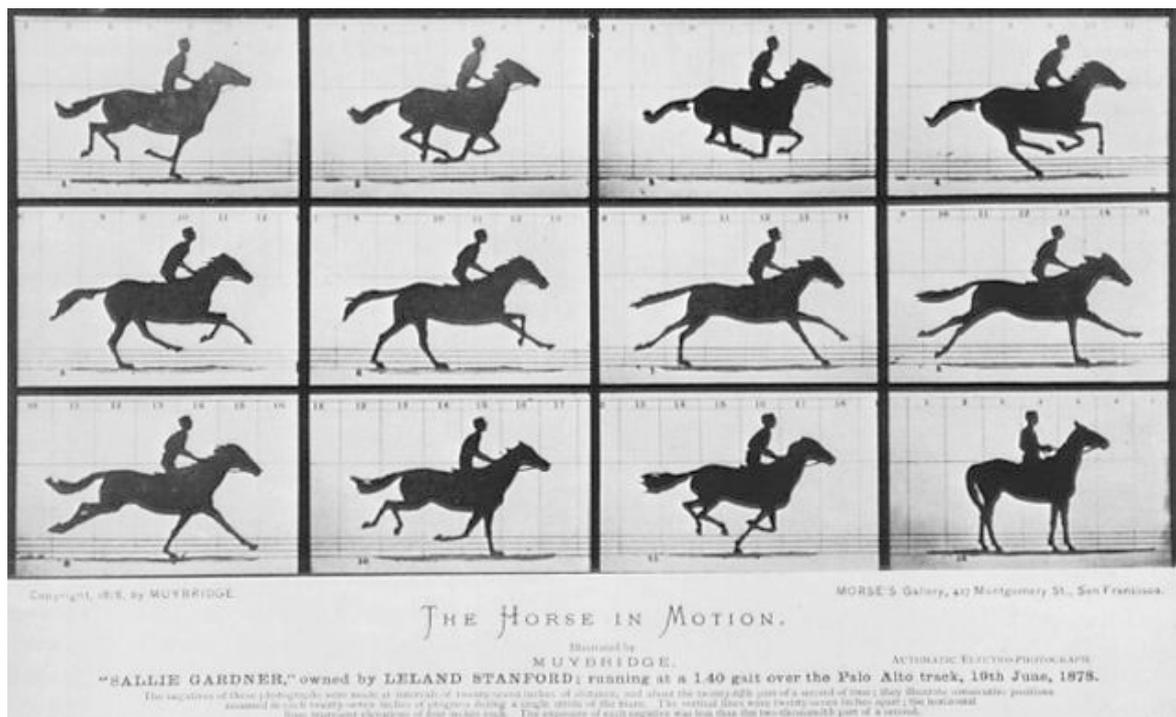


Abbildung 4: galoppierendes Pferd von Eadweard Muybridge<sup>7</sup>

<sup>7</sup> [www.math.yorku.ca](http://www.math.yorku.ca)

Durch die Erhöhung der Filmempfindlichkeit und der Entwicklung eines Gerätes, welches den Film schnell genug transportieren konnte, während in den Transportpausen, das Bild belichtet wurde, konnte Thomas Alva Edison 1891 den Kinematographen und das Kinematoskop zum Patent anmelden. Den Filmtransport realisierte er mit Hilfe einer Perforation, die mit 4 Löchern pro Bild definiert war.

1895 entwickelten die Gebrüder Lumière den Cinematograph, bei dem die Funktionen eines Projektors und die einer Kamera vereint waren. Seither hat sich das Grundprinzip der Kinematographie kaum verändert und die erste öffentliche Vorführung mit dem Cinematographen am 28.12.1895 gilt heute als die Geburtsstunde des Films.

### 2.3. Erste Bilder in 3D

300 v. Chr. Erforschte Euklid das räumliche sehen und machte eine Andeutung über das räumliche Sehvermögen. Um 1600 entstanden die ersten Tuschezeichnungen (siehe Abbildung 5) aus unterschiedlichen Perspektiven.



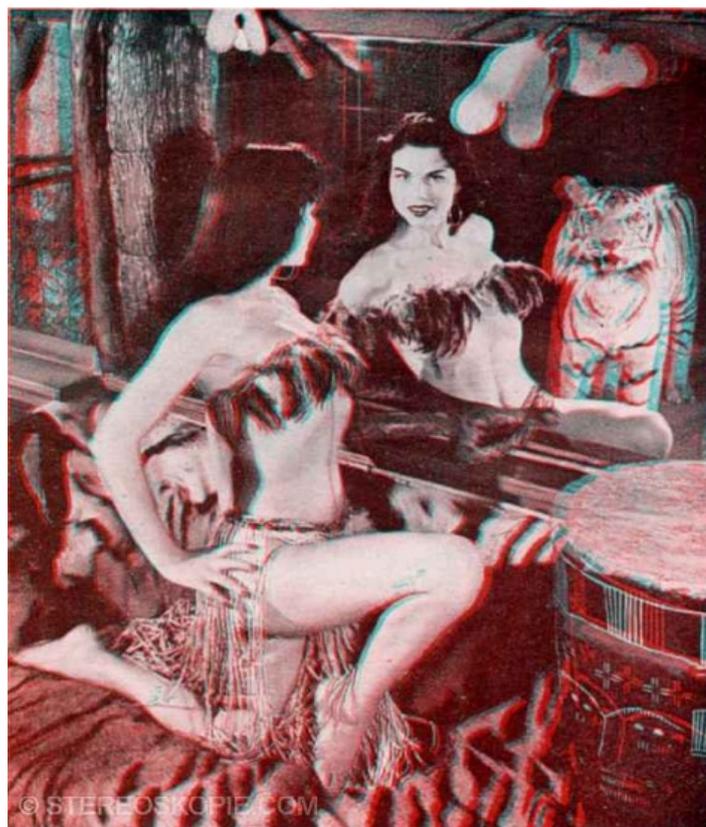
Abbildung 5: doppelte Tuschezeichnung um 1600<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> [www.ppc.biba.uni-bremen.de](http://www.ppc.biba.uni-bremen.de)

Zur Jahrhundertwende (um 1900) sowie in den 1950ern erlebte die Stereo-Fotografie einen Boom (siehe Abbildung 6), aufgrund des höheren technischen Aufwands hat sie sich jedoch nie dauerhaft durchgesetzt. Sie wurde oftmals verwendet um mathematische Graphen zu veranschaulichen. Heute erlebt sie wieder eine leichte Renaissance, die der Einführung der Digitalkamera mit ihrem großartigen Lern- und Übungspotenzial zu verdanken ist.

In den Jahren 1900 – 1970 entstanden sehr viele 3D-Bilder und 3D-Filme. Gerade da die Fernseher Einzug ins Wohnzimmer fanden, mussten sich die Filmproduzenten neue Technologien einfallen lassen, so entstand etwa Breitbild und 3D Film.



**Abbildung 6: 3D-Boom um 1960<sup>9</sup>**

---

<sup>9</sup> <http://www.stereoskopie.com>

Der Meister der Regie, Alfred Hitchcock, produzierte selbst den 3D-Film „Bei Anruf Mord“, der in den Kinos allerdings nur 2D zu sehen war, da sich der 3D-Boom bei Fertigstellung des Films bereits gelegt hatte. Erst 1980 wurde die 3D-Version von „Bei Anruf Mord“ wieder veröffentlicht und kam auch in der Polarisationsversion bei der „World 3D-Film Expo 2003“ zur Aufführung.

## **3. Gängige Techniken**

3D Videos und Filme basieren auf den vorhandene Techniken der Video- und Filmproduktion. Manche 3D-Techniken nutzen bestimmte Eigenschaften sogar (NuView) und manche 3D-Techniken benötigen bestimmte Einstellungen der Blende und der Aufnahmeformate (interlaced/progressive). Abhängig vom gewünschten 3D-Format müssen die Einstellungen richtig getroffen werden, ansonsten entsteht nur ein geringer bis gar kein 3D-Effekt.

### **3.1. Grundlagen der Videotechnik**

#### **3.1.1. Blende**

Die Blende in jeder Filmkamera wird durch bestimmte Größen bezeichnet und ist indirekt proportional zur tatsächlichen Blendenöffnung.

Je größer die Blendenzahl, desto kleiner ist die tatsächliche Blendenöffnung und desto höher wiederum ist die damit zu erzielende Schärfentiefe (siehe Abbildung 7). Dies ist insbesondere wichtig bei der Produktion von 3D Videos, da diese im Gegensatz zu klassischen Filmen nicht mit einer geringen, sondern mit einer hohen Schärfentiefe arbeiten. Klassische Filme wollen immer den Eindruck des tatsächlichen Sehverhaltens vermitteln, bei dem ein Objekt scharf ist, und die Umgebung etwas unschärfer. Der Fokus gelangt somit automatisch auf das scharf gestellte Objekt. Beim natürlichen Sehverhalten ist es ebenso, ein Objekt wird betrachtet und dadurch wird die Umgebung etwas unscharf.

Würden 3D Filme mit geringer Schärfentiefe arbeiten, würde zusätzlich zum 3D Effekt noch die Unschärfe der Umgebung dazu kommen, was verwirrend für das Auge ist. 3D Filme wirken durch die tatsächlich wahrgenommene Tiefenwirkung und nicht durch die simulierte Tiefe mittels Schärfebereich. Dadurch sollte bei der Produktion von 3D Filmen keine kleine Blendenzahl (große Blendenöffnung) gewählt, sondern eher im Bereich 6,3 und größer gearbeitet werden.



**Abbildung 7: Objektive mit verschiedenen geöffneten Blenden: Geschlossene Blende (f/22 links), Blende f/11 (Mitte) und offene Blende (f/3,5 rechts) im Vergleich<sup>10</sup>**

### 3.1.2. Interlaced/Zeilensprungverfahren

Beim Fernsehen wurden vor 1935 25 Vollbilder/Sekunde übertragen, was jedoch nicht ausreichte um einen für das Auge flüssigen Bewegungsablauf zu simulieren. Die Bandbreite für TV reichte damals allerdings bloß für 25 Bilder/Sekunde aus, weshalb ab 1935 das Zeilensprungverfahren eingesetzt wurde, das bei der Übertragung von 25 Bildern pro Sekunde 50 Halbbilder für das Auge des Zusehers

---

<sup>10</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Blende-22-und-3.jpg>

erzeugt. Die übertragende Datenmenge, bzw. die benötigte Bandbreite bei 50 Halbbildern ist die gleiche wie bei 25 Vollbildern, jedoch nimmt das Auge mehr Veränderungen wahr, wodurch der Eindruck des störenden Flimmerns verringert wird.

Beim Interlaced oder Zeilensprungverfahren wird die volle Zeilenauflösung des Formats geteilt und zu einem Zeitpunkt zwei zeitversetzte Bilder aufgenommen. Bei einer Belichtungszeit von 1/50 Sekunde (50Hz) werden 50 Halbbilder/Sekunde aufgezeichnet. Die Halbbilder werden abwechselnd auf jeweils den ungeraden bzw. den geraden Zeilen gespeichert. Man unterscheidet zwischen even field first und uneven field first. Dies bezeichnet nur, ob die Aufzeichnung mit den ungeraden oder den geraden Zeilen beginnt. Wählt man z.B.: bei der Ausgabe des Videomaterials das falsche Zeilensprungverfahren aus, kommt es beim Betrachten auf einem Röhrenfernseher zum flimmern.

ungerade Zeilen zuerst	uneven field first	1. Halbbild zuerst
gerade Zeilen zuerst	even field first	2. Halbbild zuerst

MiniDV verwendet beispielsweise unven field first, während das DVD-Format even field first verwendet. Wird dies beim encoding nicht beachtet kommt es zu flimmern beim Betrachten auf einem Fernseher der auf dem Interlaced-Verfahren basiert (nicht Plasma/LCD), da die Halbbilder verschoben dargestellt werden, und das zweite Halbbild das vom zeitlichen Ablauf nach dem Ersten steht, bereits vor dem Ersten dargestellt wird.

Bei Bewegungsabläufen macht sich aufgrund des Interlaced-Verfahrens der Kamm-Effekt bei Standbildern besonders bemerkbar, da dabei die beiden Halbbilder innerhalb des Bildes räumlich stark versetzt sind (siehe Abbildung 8).

Dieses Interlaced-Verfahren hat auch Einschränkungen für die Kostüme und Requisite bei Dreharbeiten, da es beim Vorkommen von horizontalen Linien zu einem Flimmern dieser Linien kommt, weshalb Karomuster und Linien bei den Kostümen nicht vorkommen sollten.

Bis heute wird es – mit Ausnahme mancher HDTV-Verfahren – bei allen Fernsehsystemen angewandt. Auch bei aktuellen Fernsehgeräten, die mit der 100-Hz-Technik arbeiten, wird die Anzahl der „echten“ Bilder nicht erhöht, sondern die Bildwechselfrequenz durch digitale Speicherung der Halbbilder verdoppelt.



**Abbildung 8: Zeilensprungverfahren/Kammeffekt**

Auch für den Stereofilm hat das Zeilensprungverfahren eine erhebliche Bedeutung, da einige Systeme den Zeilensprung ausnutzen um in ein

und demselben Bild aber jeweils der anderen Zeilengruppe die beiden Halbbilder für das linke und das rechte Auge aufzeichnen (NuView).

### **3.1.3. Progressive**

Deutlich besser für die Nachbearbeitung und das Hinzufügen von Videoeffekten ist die progressive Aufzeichnung von Videomaterial geeignet. Bei diesem Verfahren werden bei einer Belichtungszeit von 1/25 Sekunde (25Hz) tatsächlich 25 Vollbilder aufgezeichnet. Da bei echtem Film 24 Vollbilder aufgezeichnet werden, ist der Progressive-Modus, der bei einigen Videokameras zur Auswahl steht, gut geeignet um Filmlook zu erzeugen. Für einige Verfahren der Low-Budget Stereo-Filmproduktion ist auch der Progressive-Modus besser geeignet, wie etwa das Anaglyphenverfahren bzw. ColorCode3D.

### **3.1.4. PAL/NTSC/SECAM**

Die Formate PAL, NTSC und SECAM beschreiben die Anzahl der Zeilen und Spalten die dargestellt werden sowie die Bildwiederholrate.

PAL ist Standard in fast ganz Europa, SECAM wird in Frankreich verwendet wogegen NTSC Standard in Amerika ist.

Ansonsten haben die unterschiedlichen TV-Formate keine Bedeutung für die Produktion von 3D Filmen, da diese je nach Einsatzumgebung in das entsprechende Format konvertiert werden können bzw. müssen, oder bereits im endgültigen Format produziert werden.

### **3.1.5. HDV/HDTV**

HDTV wird in Kürze neuer Standard in der Videotechnik und im TV werden, und arbeitet mit einer Auflösung von 1920x1080, wogegen HDV eine Consumer-Version von HDTV ist und mit einer etwas kleineren Auflösung von 1440x1080 arbeitet und das Bild zeitgleich mit der Aufnahme in einem MPEG2 komprimierten Format auf MiniDV-Band aufzeichnet. Bei der Ausgabe wird die geringere Auflösung von 1440 Spalten auf 1920 interpoliert.

Der Vorteil von HDV liegt auf der Hand, geringerer Preis für die Ausrüstung, weshalb es bereits ab einem geringen Budget möglich ist, qualitativ hochwertige Aufnahmen und auch kinotaugliche Filme zu produzieren. Durch die jedoch beschränkte Aufnahmekapazität von MiniDV-Bändern und die damit verbundene notwendige MPEG2 Kompression des Materials kann es zum Auftreten von Artefakten bei schnellen Bewegungen kommen. Da MPEG2 zwar eine variable Datenrate hat, für die Aufzeichnung allerdings eine maximale Bandbreite zur Verfügung steht, muss der MPEG2-Encoder beim Auftreten von schnellen Schwenks oder Bewegungen im Nachhinein die Komprimierung erhöhen um die Bandbreite nicht zu übersteigen. Durch das Erhöhen der Komprimierung entstehen diese Artefakte.

Durch den Einsatz von HDV im Low-Budget Bereich ergibt sich auch hier eine große Bandbreite der Möglichkeiten für 3D Produktionen. Da HDV eine Auflösung bietet, die in Kinos durchaus auch zum Einsatz kommen kann und die Technik der 3D Produktion für die Präsentation in Kinos die gleiche ist, ist es durchaus denkbar, mit HDV Kameras 3D Produktionen für Kinos zu erstellen.

## **4. 3D**

3D oder auch dreidimensional bezeichnet 3 Dimensionen und in der klassischen Geometrie sind das Breite, Höhe und Tiefe. Bei den typischen Bildern und Videos werden jedoch nur zwei Dimensionen dargestellt, was nicht dem normalen Sehverhalten des Menschen entspricht und dadurch etwas untypisch wirkt. Durch gezielten Einsatz von Schärfentiefe wird dennoch der Eindruck von Tiefe vermittelt. Um tatsächlich Tiefe empfinden zu können muss ein Objekt von zwei leicht unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen bzw. dargestellt werden und in weiterer Folge muss jedes Auge das dazugehörige Bild zu sehen bekommen.

Bis vor kurzem wurden dazu 3D-Brillen benötigt, die die Bilder voneinander trennten (Anaglyphen) oder nur jedes zweite Bild durchließen (Shutterbrillen).

Mittlerweile wird an autostereoskopischen Displays geforscht, welche das Betrachten von dreidimensionalen Bildern ohne jegliche Hilfsmittel ermöglichen. Sollten diese Displays preislich angepasst werden und es sich verbreiten, dass eine Darstellung von dreidimensionalem Videomaterial ohne Hilfsmittel möglich ist, könnte dies einen erneuten Boom im 3D-Sektor auslösen.

### **4.1. Grundlagen von 3D**

Dreidimensionale Bilder sind am typischen Seeverhalten des Menschen angelehnt. Es werden zwei Bilder im Augenabstand vom 6,5 cm aufgenommen und bei der Wiedergabe wird darauf geachtet, dass jedes Auge des Betrachters das dazugehörige Bild erhält. Im Kopf

werden diese beiden Bilder zu einem zusammengefügt und der räumliche Eindruck entsteht.

#### 4.1.1. Optik des menschlichen Blickes

Der Mensch besitzt seine zwei Augen nicht aus dem Grund, dass er, sofern er eines verliert, noch ein zweites hat, sondern um Entfernungen richtig einschätzen zu können und um ihm räumliches Sehen ermöglichen zu können.

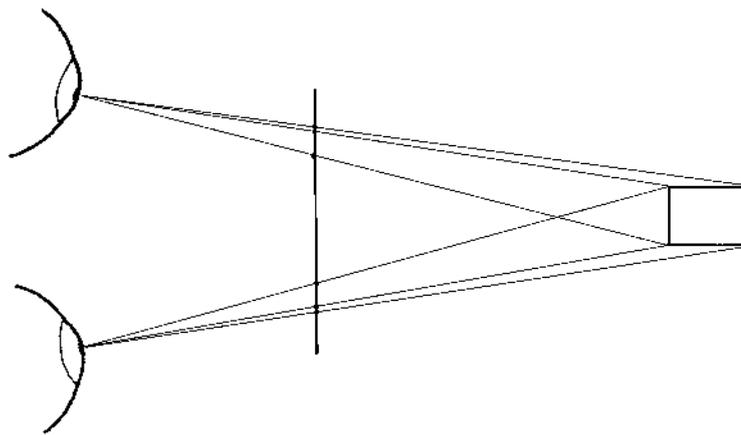


Abbildung 9: Perspektivenunterschied zwischen beiden Augen

Durch das Betrachten eines Objektes aus zwei verschiedenen Blickwinkeln die im Gehirn zu einem Bild zusammengesetzt werden, entsteht ein räumliches Bild (siehe Abbildung 9). Mit dem rechten Auge sehen wird ein Gegenstand von einer anderen Perspektive gesehen als mit dem Linken Auge. Umso weiter der Gegenstand entfernt ist, umso geringer ist dieser Unterschied, da der Winkel in dem die Augen zueinander stehen geringer wird. Dieser Winkel gibt das Maß der Entfernung an, wodurch zwei Augen auch die Funktion der Entfernungsmessung haben.

### 4.1.2. Die Technik hinter den 3D Techniken

Um den räumlichen Effekt auch auf Video oder Fotomaterial übertragen zu können, werden von einem Motiv zwei Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven benötigt. Am besten wirkt der Effekt natürlich, wenn zwei Kameras im Augenabstand voneinander (6,5 cm) das gleiche Motiv abbilden. Um beim Betrachter den 3D-Effekt auslösen zu können, muss jeweils nur eines der beiden Bilder von jeweils nur einem Auge, nämlich dem dazugehörigen, wahrgenommen werden. Es wird also versucht, mittels Filter oder anderer Techniken, zwei verschiedene Bilder gleichzeitig darzustellen, die aber nur jeweils von einem Auge wahrgenommen werden. Diese Filter haben unterschiedlichste Eigenschaften, billigere Varianten haben oftmals den Nachteil von Farbverfälschungen, eingeschränkten Betrachtungswinkeln bzw. eingeschränkter Anzahl von Betrachtern.

### 4.1.3. Anwendungsgebiete der 3D-Technik

Typische Anwendungsgebiete der 3D-Filme sind sehr vielfältig und gehen weit über die weit verbreitete Meinung eines netten Effektes hinaus. Anwendungsgebiete sind:

- **Photogrammetrie** und **Kartographie** zur Geländehöhenvermessung und zur Erkennung von Geländeeinheiten
- **Planetenforschung** um Informationen über fremde Planeten und deren Oberflächenstruktur zu erkennen

- **Ingenieur-Photogrammetrie** wird verwendet bei der Geländevermessung sowie bei der Vermessung historischer Gebäude vor Restaurierungen und bei Denkmalpflege
- **Archäologie** zur Veranschaulichung und genauen Darstellung von Ausgrabungen
- **Zeitgeschichtliche Dokumentation:** Die für die Luftaufklärung aufgenommenen Städtebilder vor dem zweiten Weltkrieg stellen heute wertvolle Zeitdokumente dar
- **Medizinische Röntgenologie und Computertomographie** zur besseren räumlichen Lokalisierung von Geschwülsten oder Fremdkörpern im Organismus

#### 4.1.4. Fehler bei der Verschmelzung von Stereobildern

Beim Betrachten eines Stereobildes treten gelegentlich ungewohnte Effekte auf, die ein Verschmelzen der beiden Teilbilder zum Stereo- oder Raumbild nur mit sehr großer Anstrengung der Augen bzw. überhaupt nicht ermöglichen. Grundsätzlich verschmelzen bei der Betrachtung eines Stereobildpaares nur die Abbildungen gleichbedeutender, gestaltgleicher Elemente (z.B. Form, Farbe und Flächenstruktur) der beiden Teilbilder zu einem Raumbild. Sind auch nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Teilbildern im Farbwert vorhanden tritt der so genannte Wettstreit der Sehfelder zwischen dem rechten und dem linken Auge auf.<sup>11</sup> Das gleiche passiert, wenn die Kameras nicht synchron auslösen, so ist etwa ohne Genlock eine Verschiebung der beiden Aufnahmen um bis zu 20ms möglich. Dadurch wird ein sich bewegendes Objekt um einen geringen Abstand

---

<sup>11</sup> Stereofotografie, Leo H. Bräutigam, S. 12f

verschoben dargestellt und es entstehen auf beiden Teilbildern an unterschiedlichen Stellen unterschiedliche Helligkeits- und Farbwerte.

#### 4.1.5. Die 70-Minuten-Bedingung<sup>12</sup>

Die folgende Tabelle dient der Ermittlung der optimalen stereoskopischen Tiefe für eine Objektivbrennweite von 35mm sowie der Bestimmung der dazugehörigen Entfernungs- und Blendeneinstellungen für eine optimale Schärfentiefe unter Beachtung der 70-Minuten-Bedingung. Ein Auszug aus „Stereofotografie mit der Kleinbildkamera“ von Leo H. Bräutigam.

<b>Basis 65mm</b>								
Nahpunktentfernung (in m)	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	3,2
Fernpunktentfernung (in m)	3	4	6	8	10	15	20	∞
optimale Blende	8,5	8,0	8,0	8,0	8,5	8,0	5,6	8,0
resultierende Entfernung (in m)	2	3	3	3	5	5	5	10
<b>Basis 100mm</b>								
Nahpunktentfernung (in m)	1,9	2,3	2,8	3,1	3,7	3,8	4,0	5,0
Fernpunktentfernung (in m)	3	4	6	8	10	15	20	∞
optimale Blende	8,0	5,6	8,0	8,0	5,6	5,6	5,6	4,0
resultierende Entfernung (in m)	3	3	3	5	5	10	10	10
<b>Basis 170mm</b>								
Nahpunktentfernung (in m)	2,3	2,8	3,5	4,1	4,6	5,3	6,0	8,0
Fernpunktentfernung (in m)	3	4	6	8	10	15	20	∞
optimale Blende	5,6	5,6	4,0	4,0	4,0	5,6	4,0	4,0
resultierende Entfernung (in m)	3	3	5	5	5	5	10	10

<sup>12</sup> Stereofotografie, Leo H. Bräutigam, S. 21

Anhand der Tabelle sollten die Parameter Blende, Nahpunkt und dgl. eingestellt werden. Ausgegangen wird vorerst vom Fernpunkt der gewünscht ist und meist im Bereich 10 Meter bis unendlich liegt. Anhand des Fernpunktes ergeben sich abhängig von der vorhandenen Basis mögliche Blende und Nahpunktentfernungen. Da meistens die Nahpunktentfernung vorgegeben ist (durch natürliche Hindernisse) wird die Blende angepasst. Das Objekt, auf dem der Fokus liegt und welches dementsprechend am schärfsten dargestellt wird, liegt in der resultierenden Entfernung. Die Reihenfolge der Einstellungen kann natürlich variiert werden, jedoch sollte immer die Blende an die anderen Werte angepasst werden, da diese leicht zu ändern ist.

### **4.1.6. Die Stereobasis**

Abhängig vom Nahpunkt und Fernpunkt ist die Wahl der Stereobasis. Für Makroaufnahmen bis Close-Ups ist eine sehr kleine Stereobasis zu wählen die kaum mehr mit zwei handelsüblichen Kameras einzuhalten ist. Hitchcock verwendete beispielsweise bei seinem 3D Film „Bei Anruf Mord“ in einer Szene ein überdimensional großes Telefon mit einem dementsprechend großen Finger und normale Kameras um ein Close-Up von einem vermeintlich kleinen Objekt erstellen zu können.

Anders wiederum beim Erstellen von weitläufigen Objekten wie Wolkenaufnahmen bzw. Luftbildaufnahmen werden teilweise Stereobasen von einigen hundert Metern verwendet, da ansonsten kaum Höhenunterschiede zu sehen sind.

## 4.2. 3D Techniken mit Hilfsmittel

In diesem Zusammenhang werden als Techniken mit Hilfsmittel jene Techniken beschrieben, die zum Darstellen des 3D-Effekts Hilfsmittel für den Betrachter benötigen, wobei dies nicht jene Techniken umfasst, die Hilfsmittel am Abspielgerät jedoch nicht für den Betrachter selbst notwendig machen. Techniken ohne Hilfsmittel sind jene Techniken die entweder keine oder nur Hilfsmittel am Abspielgerät nötig machen.

### 4.2.1. Stereoskope

Ein Stereoskop (siehe Abbildung 10) besteht aus zwei Bildern die nebeneinander angeordnet sind und entweder durch einen Steg getrennt sind, oder mittels Spiegeln betrachtet werden, wodurch jedes Auge nur ein Bild zu sehen bekommt und der räumliche Effekt dadurch entsteht.



Abbildung 10: Betrachtungsapparate für Stereoskope

Das Spiegel-Stereoskop wurde 1832 von Sir Charles Wheatstone in London erfunden. Da zu diesem Zeitpunkt die Fotografie noch nicht

erfunden war, musste er die beiden zur Darstellung benötigten Teilbilder selbst berechnen und zeichnen. Erst ab etwa 1841 stellte er auf fotografischem Wege die benötigten Bilder her.<sup>13</sup> Der Engländer, Sir David Brewster beschäftigte sich ebenfalls stark mit dieser neuen Technik. Er konstruierte 1849 einen Betrachtungsapparat, der wesentlich handlicher und kompakter als das unförmige System Wheatstones war. Hierbei handelte es sich um einen Holzkasten, bei dem durch zwei Linsen auf die beiden gegenüberliegenden Fotografien geschaut wird. Jedes Auge sieht dabei nur das dafür bestimmte Bild.



**Abbildung 11: Stereoskop**

Stereoskope erlebten in den um 1860 Jahren einen regelrechten Boom, über eine Million Stereoskope und ein vielfaches an dazugehörigen Stereokarten wurden verkauft. Dieser Boom hielt bis Anfang des 20. Jahrhunderts an. Die Bedeutung von Stereoskopen ist heutzutage nur mehr sehr gering.

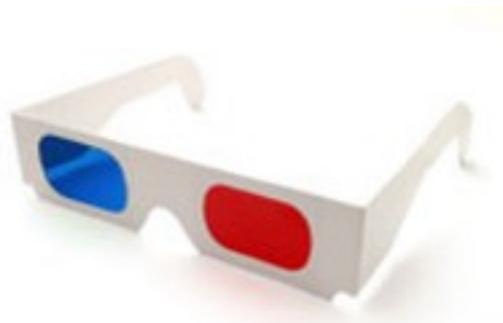
---

<sup>13</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Stereoskop>

## 4.2.2. Anaglyphen

Bei der Anaglyphentechnik werden die beiden Halbbilder in Komplementärfarben eingefärbt und übereinander gelegt. Dadurch wirken sie beim Betrachten ohne spezielle Brille etwas unscharf und verschwommen.

Die Trennung der beiden Halbbilder erfolgt mit einer Anaglyphenbrille, die entsprechend gefärbte Gläser bzw. Farbfolien besitzt. Bei den ursprünglichen Schwarz-Weiß Abbildungen wurden Rot-Grün bzw. Rot-Blau Brillen verwendet. Heutzutage wird, sofern Anaglyphentechnik noch eingesetzt wird, nur noch Rot-Cyan oder ColorCode3D als Farbkombination verwendet, da diese eine bessere Darstellung von Echtfarben ermöglicht.



**Abbildung 12: Anaglyphenbrille für Rot/Blau Anaglyphen**

Entwickelt wurde das Anaglyphenverfahren 1853 von Wilhelm Rollmann, der in J. C. Poggendorfs "Annalen der Physik (und Chemie)" (Ausgabe 90, S. 180f, Halle, Leipzig) eine Arbeit mit dem Titel "Zwei neue stereoskopische Methoden" veröffentlichte und darin das Verfahren vorstellte.

In der Anfangszeit verwendete man die Anaglyphenbilder insbesondere in mathematischen Lehrbüchern zur Veranschaulichung der Stereometrie und Trigonometrie, da bei diesem Verfahren Farbverfälschungen auftreten ist es weniger für farbige Filmproduktionen geeignet. Für die Produktion von Filmen ist das patentierte ColorCode3D Verfahren besser geeignet, da dieses Farbechtheit garantiert, jedoch ebenfalls auf die Anaglyphentechnik aufbaut und mit den Farben Amber und Dunkelblau arbeitet.

### **4.2.3. ColorCode3D**

ColorCode3D ist ein Farb-Anaglyphen Verfahren. Die ColorCode3D 3D-Brille ist laut Patentinhaber nur für farbige 3D-Bilder und Filme geeignet, die mit einer ColorCode3D Montagesoftware erstellt wurden (z.B. 3D-EASY, Standard oder Professional ab Version 4.0). Montagetools mit gelb/blau Ausgabeoption sind nicht geeignet.

Die linke Filterfolie ist gelb-braun (Amber), die rechte Folie ist dunkelblau. Das Verfahren ist patentiert und im Rahmen der Nachforschungen konnte keine Software gefunden werden, die es ermöglicht, ColorCode3D Filme zu produzieren bzw. keine Angaben gefunden, welchen Farbwert die beiden Halbbilder genau haben müssen. Durch Experimente konnte eine Farbkombination gefunden werden, die die Betrachtung mit ColorCode3D-Brillen ermöglicht und tatsächlich bessere Farbdarstellung wiedergibt. Ob die Farbwerte tatsächlich dem ColorCode3D-Verfahren entsprechen unterliegt keiner Gewähr. Die Produktion ist im Kapitel 7.3.2 näher beschrieben.

#### **4.2.4. IMAX**

Bei der IMAX 3D Technik wird der Film durch zwei Projektoren auf die Leinwand projiziert. Diese Projektoren haben eingebaute Polfilter die jeweils um 90° verdreht sind und die Projektion erfolgt auf eine Silberleinwand, da herkömmliche Projektionsflächen die Polarisation zerstören würden. Der Zuseher trägt spezielle 3D Brillen die mit entsprechenden Polfiltern dafür sorgen, dass jedes Auge das dafür vorgesehene Bild zu sehen bekommt und im Gehirn setzen sich die Bilder wieder zu einem einzigen dreidimensionalen Bild zusammen. Diese Polfilter absorbieren allerdings ca. 1,5 Blendenstufen des Lichts, wodurch die Projektoren entsprechende Leistung liefern müssen.

Der Vorteil dieser Technik liegt klar auf der Hand, da die Farbechtheit gegeben ist, allerdings ist die Wiedergabe der Filme mit höherem Aufwand und damit auch mit höheren Kosten verbunden. Ein weiterer Nachteil ist die starke Blickwinkelabhängigkeit der Silberleinwand, da die Helligkeit des Bildes ab einem seitlichen Betrachtungswinkel von 20° nur noch halb so stark ist.

Die Schwierigkeit für Low-Budget Produktionen stellt das genaue Justieren und zeitlich exakt gleichzeitige Abspielen der beiden Videos dar. Als Hilfsmittel wird die Software „Stereoscopic Player“ angeboten, die es ermöglicht, Stereovideos in unterschiedlichsten Variationen auszugeben, so auch das Video auf 2 Ausgängen auszugeben, die dann entsprechende Projektoren bespielen.

#### **4.2.5. KMQ Projektion**

Die KMQ Projektion (nach den Erfindern Koschnitzke, Mehnert und Quick) ist eine Technik zum Betrachten von übereinander angeordneten Halbbildern. Zum Betrachten dieser Bilder wird keine spezielle Leinwand benötigt und die Lichtstärke der Projektoren muss nicht überdurchschnittlich höher sein, da beim Projizieren kein Lichtverlust auftritt. Als Sehhilfe wird eine Prismenbrille benötigt, die den Blick des rechten Auges nach oben und den des linken Auges nach unten versetzt. Da der Betrachtungsabstand und Winkel genau eingehalten werden müssen, ist diese Technik nicht für eine große Anzahl von Personen geeignet (max. 2-3 Betrachter).

#### **4.2.6. Nuptix-3D (Pulfrich Effekt)**

Der Pulfrich-Effekt ist eine optische Täuschung, die 1922 vom deutschen Physiker Carl Pulfrich entdeckt wurde. Der Effekt beruht auf der Tatsache, dass dunkle optische Reize ein klein wenig mehr Zeit benötigen, um vom Gehirn wahrgenommen zu werden als helle.

Wenn nun ein seitwärts bewegter Gegenstand mit beiden Augen betrachtet wird, wobei ein Auge (z.B.: mit einer Sonnenbrille) abgedunkelt wird, kommt das Bild des Gegenstandes des abgedunkelten Auges etwas später zum Gehirn. Aufgrund dieses kleinen Zeitunterschiedes ergibt sich bei einem bewegten Objekt, dass es vom Gehirn an zwei etwas auseinander liegenden Orten wahrgenommen wird. Aus diesen unterschiedlichen Bildern berechnet das Gehirn eine räumliche Tiefeninformation, die zum Teil gar nicht gegeben ist.

Ein Film, bei dem die Kamera eben diese Seitwärtsbewegung durchführt (von rechts nach links) kann mit einem halb abgedunkeltem Auge stereoskopisch betrachtet werden, wobei der Effekt nur solange wahrgenommen werden kann, solange die Kamera die Seitwärtsbewegung vollführt.

Kommerzielle Anwendung fand der Pulfrich-Effekt im so genannten Nuoptix-Verfahren, das mit der RTL-Fernsehshow Tutti Frutti bekannt wurde. Hierbei wird jedoch eine Brille mit gelben und violetten Farbfilter verwendet, wobei der violette Farbfilter das Bild stark abdunkelt. Außerdem wurden verschiedene Tiersendungen (u. a. bei ProSieben oder kabel eins, sowie auch bei der Universum Reihe im ORF) vorgestellt, die das Verfahren anwendeten.

### **4.2.7. VR-Brillen<sup>14</sup> (HMD-Head Mounted Displays)**

Datenbrillen der ersten Generation waren mit zwei vor den Augen befestigten Kathodenstrahlröhren ausgestattet.

Heutige VR-Brillen (Virtual Reality) sind mit ein bis zwei LCD-Monitoren (Liquid Crystal Displays) bzw. OLED-Displays (organic led) ausgestattet. Diese sind in eine Brille oder einen Datenhelm integriert. Displays dieser Art haben im kommerziellen Bereich eine Auflösung von etwa 800 x 600 Pixel und in etwa die Größe einer 50-Cent-Münze.

---

<sup>14</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/VR-Helm>



**Abbildung 13: Consumer-VR-Brille<sup>15</sup>**

Moderne VR-Brillen sind bereits mit einer Auflösung von 1280 x 1024 Pixel erhältlich.

Ausgestattet mit einem Head Tracker (dt.: „Kopf-Verfolger“) kann das Bild an die Blickrichtung angepasst werden. Anhand von Referenzpunkten an der VR-Brille kann der Head Tracker die Kopfbewegung erfassen. Die gesammelten Daten können so das gesehene Bild in Echtzeit verändern. Somit entsteht auch bei Bewegung das Gefühl, Teil der Anwendung zu sein (z.B. von Computerspielen). Verzögerte und schlechte Darstellung kann zu unangenehmen Nebenerscheinungen wie der Simulator Sickness und einer Herabsetzung der Präsenz und/oder des Grades der Immersion führen.

---

<sup>15</sup> <http://static.hardwareluxx.de:443/hardware/mpater/news/vr920.jpg>

Durch die Verfügbarkeit von einem eigenen Display für jedes Auge und die Unabhängigkeit der Sitzposition und des Betrachtungswinkels ist diese Betrachtungsmöglichkeit die am besten geeignete für 3D-Filme für einen einzelnen Betrachter.

### 4.2.8. NuView<sup>16</sup>

Bei NuView werden über ein Spiegelsystem zwei Bilder im Augenabstand mittels eines Prismas auf das Kameraobjektiv abgelenkt. Damit die beiden Bilder getrennt voneinander aufgenommen werden, wird das Zeilensprungverfahren genutzt. Ein Videobild besteht aus zwei ineinander verkämten Halbbildern, zunächst werden alle geraden, anschließend alle ungeraden Zeilen aufgenommen.



Abbildung 14: NuView-Adapter für 3D-Aufnahmen<sup>17</sup>

<sup>16</sup> <http://www.3d-foto-shop.de/pd1140455100.htm>

Diese Tatsache macht sich der Stereovorsatz zunutze. Durch die Synchronisation über den Videoausgang, wird mittels zwei LCD-Shuttergläsern zunächst das linke und anschließend das rechte Bild den entsprechenden Video-Halbbildern zugeordnet. Damit sind beide Bilder im Augenabstand auf dem Film vorhanden. Dieses Verfahren wird auch von den meisten im Handel erhältlichen 3D-Videos verwendet. Deshalb entspricht der selbstgedrehte Film dem üblichen 3D-Video-Standard und ist mit einer Vielzahl von Wiedergabegeräten und Wiedergabesoftware kompatibel.

Zur Betrachtung des fertigen Films kann z.B. eine Shutterbrille verwendet werden, die bei der Wiedergabe über einen Fernseher oder Computermonitor dem linken Auge das linke Halbbild und dem rechten Auge das rechte Halbbild nacheinander zeigt. Passiert dies schnell genug, verschmelzen die Bilder im Gehirn zu einem plastischen 3D-Stereobild.

Für Low-Budget Produktionen ist der NuView Vorsatz wohl eine der geeignetsten Methoden, da dieser im Bereich von 400€ angesiedelt ist, und somit das Budget nicht erheblich belastet. Er lässt allerdings auch keine eigenen Einstellungen zu, was einerseits von Vorteil sein kann, um die Wahrscheinlichkeit von Fehlern zu minimieren, andererseits jedoch bei bestimmten Einstellungsgrößen wie Close-Ups versagt.

---

<sup>17</sup> <http://www.3d-foto-shop.de/pd1140455100.htm>

#### 4.2.9. Lenticular/Linsenraster

Für die Herstellung von Linsenrasterbildern werden wiederum mindestens zwei Bilder die im Augenabstand aufgenommen wurden benötigt. Meistens werden jedoch vier oder noch mehr Bilder angefertigt und verwendet, da ansonsten ein zu geringer Betrachtungswinkel möglich ist. Für die Aufnahme mehrerer gleichzeitiger Bilder gibt es spezielle Stereokameras, beispielsweise von der Firma Nimslo, die die Bilder bei der Auslösung der Kamera gleichzeitig aufnehmen (siehe Abbildung 15).



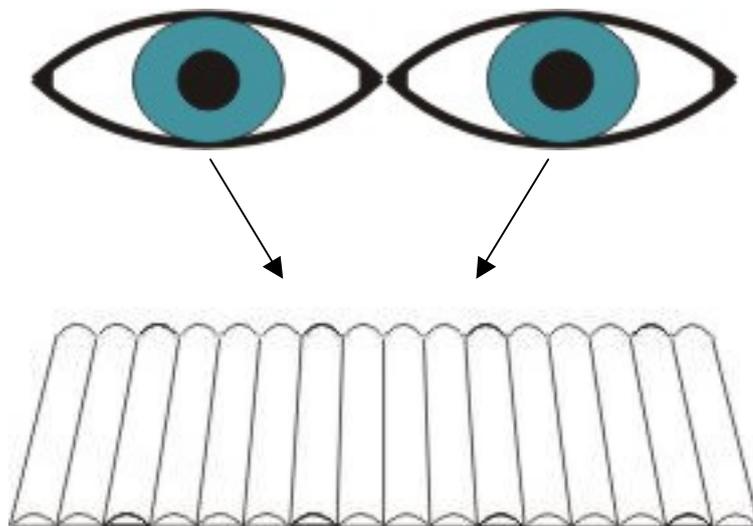
Abbildung 15: Nimslo 3D-Kamera<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> <http://www.collection-appareils.com/appareils/images/nimslo.jpg>

Anschließend werden die zugrunde liegenden Fotos in schmalen Streifen auf einen Papierträger belichtet, über den dann ein durchsichtiges Raster von vertikal verlaufenden Zylinderlinsen oder -Prismen gelegt wird. Dabei überdeckt eine Linse zusammengehörige Bildstreifen. Je nach Blickwinkel fokussiert die Linsenplatte den Blick nun auf einen anderen Bildstreifen. Beim räumlichen Bild sorgt der Abstand zwischen den Augen dafür, dass jedes Auge das Bild für „seinen“ Blickwinkel bekommt, und so der räumliche Eindruck entsteht (siehe Abbildung 16). Für die Darstellung als räumliches Bild müssen die Bildstreifen und das Linsenraster vertikal angeordnet sein.

Je mehr Ausgangsfotos verwendet werden, desto schmaler muss das Raster sein, desto weniger springt dann aber auch das Bild beim Betrachten. Übliche Werte liegen zwischen 10-161 lpi (lines per inch).



**Abbildung 16: Lenticularfolie**

Durch Verwendung unterschiedlicher Bilder können Morphing-Effekte, 3D-Bilder oder Wechselbilder („Wackelbilder“) erzeugt werden. Dabei

können die Linsenstreifen auch horizontal angebracht sein. Beim Kippen des Bildes nach oben oder unten wechselt das Bild.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei verschiedene Funktionsweisen:

### **Horizontale Linse**

Durch eine horizontale Linsenführung bewirkt man eine Bildtrennung. Das bedeutet, dass beide Augen gleichzeitig dasselbe Bild wahrnehmen, getrennt von den anderen Bildern, die sich auf dem Print befinden. Eine horizontale Linsenführung ist daher für Animationen, Morphing- und Wechselbilder besonders gut geeignet. Möglich sind 2-200 Phasen. Je mehr Phasen eingebracht werden, desto "weicher" werden die Bewegungen einer Animation. Bringt man aber nur 2 Phasen ein hat man ein Wechselbild (z.B. Vorher-Nachhereffekt).

### **Vertikale Linse**

Durch eine vertikale Linsenführung bewirkt man eine Bildvereinigung. Das bedeutet, dass beide Augen gleichzeitig unterschiedliche Bilder sehen können. Bringt man also stereoskopische Parallaxen in dieses Bild ein, so können die beiden Augen gleichzeitig unterschiedliche Perspektiven betrachten und im Gehirn entsteht ein räumlicher Eindruck. Möglich sind 4-200 Phasen. Je mehr Phasen eingebracht werden, desto fließender werden die Übergänge zwischen den einzelnen Perspektiven. Bringt man aber nur wenige Phasen ein, erhält man ein "Wackelbild".

Es gibt mittlerweile auch Computermonitore mit Linsenraster-Folien (Sharp), die dreidimensionales Sehen ohne 3D-Brillen ermöglichen. Dabei sind autostereoskopische 3D-LC-Displays, die Firmen wie Philips,

Sanyo, Samsung sowie SeeReal Technologies, SpatialView (beide in Dresden) oder 4D-Vision (heute X3D Technologies) aus Jena bereits verkaufen. Forschungsinstitute wie das Heinrich-Hertz-Institut (HHI) in Berlin arbeiten an der Weiterentwicklung.

Diese autostereoskopischen Displays werden häufig bereits im Bereich der Werbung als Blickfang eingesetzt, da der Betrachter kein Hilfsmittel benötigt und der 3D-Effekt dennoch zur Geltung kommt. Unternehmen können ihre Produkte auf autostereoskopischen Displays dem Kunden somit hautnah präsentieren.

### **4.2.10. Shutterbrillen**

Eine Shutterbrille (auch LCD-Shutterbrille) ist eine Spezialbrille, deren Gläser aus zwei Flüssigkristallanzeigen bestehen (je eine für das linke und rechte Auge), die elektronisch zwischen durchlässig und undurchlässig umgeschaltet werden können. Damit lässt sich wahlweise das linke oder das rechte Auge abdunkeln. Sie ermöglicht ein stereoskopisches Sehen an einem Computer-Monitor oder Fernsehgerät.

Mit einer solchen Shutterbrille ist es möglich Stereobilder auf einem Monitor zu betrachten. Dazu werden abwechselnd das linke und dann das rechte Teilbild angezeigt. Die Brille wird synchron dazu umgeschaltet. So sieht das linke Auge nur das Teilbild für links und entsprechend gleich beim rechten Auge.

Solche Shutterbrillen gab es kurzfristig im Paket mit Grafikkarten des Herstellers ELSA. Im Fernsehen wurde das Verfahren soweit bekannt nur einmal in der Sendung ComputerTreff verwendet. Dazu wurde mit

zwei TV-Kameras im Studio ein Video aufgezeichnet. Über einen Bildmischer wurde ein Halbbild für das linke und das andere Halbbild für das rechte Auge verwendet. Damit der Zuseher zuhause die beiden Bilder wieder synchron ansehen konnte, benötigte er eine einfache Schaltung mit einer Fotozelle, die die synchrone Umschaltung der Shutterbrille durchführte. In ein Halbbild wurde dazu ein weißer Fleck eingeblendet, das andere Halbbild hatte einen schwarzen Fleck. Ohne Brille flimmerte dieser Bereich dann entsprechend. Ein Bausatz war dazu entsprechend mit Brille im Handel. Etwa ein Dutzend Zuseher nahmen damals an diesem Versuch teil.

Mit einem Fernsehgerät erreicht man dann aber pro Auge nur 25 Bilder pro Sekunde (25 Hz), es entsteht dadurch ein flimmerndes Bild. CRT-Computermonitore waren schneller, damit konnte man bei einer Bildwiederholrate von z.B. 120 Hz pro Auge 60 Hz erreichen.

Durch den heutigen Standard der TFT-Technologie bei Computermonitoren haben sich die Möglichkeiten der Shutterbrillen allerdings verändert. Diese Monitore arbeiten großteils nur noch mit einer Bildwiederholrate von 60 Hz bis 75 Hz, was wiederum einer Frequenz von etwas mehr als 30 Bildern pro Sekunde für jedes Auge entsprechen würde. Dadurch entstünde wieder ein unangenehmes Flimmern, weshalb Shutterbrillen wieder unpopulär wurden.

Im August 2007 wurde ein DLP-Rückprojektionsfernseher vorgestellt, der sowohl als HD-Ready als auch als 3D-Ready kommuniziert wurde. Dieser Fernseher arbeitet mit einer Bildwiederholrate von 120 Hz, was 60 Bildern pro Sekunde für jedes Auge entspricht<sup>19</sup>. Durch diese

---

<sup>19</sup> <http://www.heise.de/newsticker/meldung/95349>

erhöhte Bildwiederholffrequenz wird 3D mit Shutterbrillen wieder möglich.

### **4.3. 3D Techniken ohne Hilfsmittel (autostereoskopische Techniken)**

Anders als bei den Techniken mit Hilfsmittel wie Brillen oder Apparate werden zum Betrachten autostereoskopischer Techniken keine Hilfsmittel benötigt. Es reicht hierbei, wenn der Betrachter eine bestimmte Betrachtungstechnik beherrscht, oder das Display selbstständig dreidimensionale Bilder erzeugt (autostereoskopische Displays).

#### **4.3.1. Kreuzblick**

Der Stereoblick erfordert einiges an Übung, wird er jedoch beherrscht, ermöglicht er das Betrachten von Stereoskopen ohne Hilfsmittel. Um den Stereoblick anzuwenden, nähert man sich mit den Augen dem Stereoskop und blickt hindurch. Die Augen stellen dabei nicht auf das Stereoskop scharf sondern blicken einfach durch. Anschließend entfernt man sich von dem Bild, bis ein drittes virtuelles dreidimensionales Bild zwischen den beiden realen erscheint. Der Kreuzblick erfordert hohe Konzentration und ist auf Dauer anstrengend für die Augen. Heutzutage hat der Kreuzblick keine Bedeutung mehr und ist auch für den Einsatz im Videobereich nicht geeignet, da es zuviel Konzentration erfordert, das Bild aufrecht zu erhalten was bei einem Video bereits nach kurzer Zeit zu anstrengend wäre.

### 4.3.2. Visidep<sup>20</sup>

Zu den wenigen Verfahren, die keine Brille zur Betrachtung benötigen gehört das Visidep-Verfahren. Dieses Verfahren wurde 1981 zum ersten Mal von Jones, Cathey und Mc Laurin beschrieben. Hierbei wird die Tiefenwahrnehmung durch den "Wechsel der Bedeckung ferner Gegenstände durch nähere" erzeugt. Näher beschrieben bedeutet dies, dass der Tiefeneindruck beim Visidep-Verfahren dadurch entsteht, dass entfernte Gegenstände, wie bei der echten Wahrnehmung, bei wechselseitiger Betrachtung von linkem bzw. rechtem Auge ihren Ort kaum zu ändern scheinen, wobei nahe Gegenstände ihren Ort sprunghaft nach rechts bzw. links zu ändern scheinen. Liefert der Bildschirm dem Gehirn diese zwei Perspektiven in einer bestimmten optimalen Frequenz, so bekommt das vertikal pumpende zweidimensionale Bild einem Tiefeneindruck. Beim Visidep-Verfahren wird also ein Motiv, wie bei anderen Verfahren auch, aus zwei unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen. Das Besondere an diesem Verfahren ist, dass die zwei Teilbilder mit vertikaler Parallaxe aufgenommen werden. Dabei beträgt die empfohlene vertikale Verschiebung ungefähr 15 mm. Bei diesem Verfahren werden die beiden Teilbilder ebenfalls mit zwei Kameras aufgenommen.

Ein großer Vorteil bei diesem Verfahren ist die Tatsache, dass dieses Verfahren ohne spezielle Hilfsmittel auskommt. Dieses Verfahren ist daher sowohl für Fernsehanwendungen geeignet als auch für kommerzielle Zwecke.

Der einzige größere und auch ausschlaggebende Nachteil bei diesem Verfahren ist neben dem Justieraufwand vor der Aufnahme das

---

<sup>20</sup> <http://www.stud.tu-ilmenau.de/~flma-mt/video-3d/beschreibung-3.html>

unruhige und pumpende Bild. Die Literatur drückt dies treffend mit folgendem Satz aus: "Das pumpende Bild ließe sich bei Sportshows verkraften, weniger bei romantischen Liebesszenen."

## **5. Wie ist der aktuelle Stand der Technik**

Die interessanteste Entwicklung am Markt ist wohl die Forschung an stereoskopischen Displays, welche ohne Hilfsmittel das Betrachten von 3D-Bildern und Filmen ermöglichen. Durch das Linsenraster vor diesen stereoskopischen Displays sind der Betrachtungswinkel und die Anzahl der Betrachter eingeschränkt. Derzeit wird an solchen Displays gearbeitet die es mehreren Betrachtern ermöglicht, ein Raumbild zu sehen. Weiters wird an holografischen Displays gearbeitet, die tatsächlich ein Raumbild mit unterschiedlichem Blickwinkel abhängig von der Position des Betrachters erzeugen.

### **5.1. Holography**

Um die hochqualitative 3D Echtzeitholographie zu erzielen, und diese realistisch und bequem ansehen zu können, müssen die Bilder, die dem Auge übermittelt werden auf die Wesensmerkmale verringert werden. Vergeudete Informationen sind auch vergeudete Bildübersetzung und diese verlangsamt die Berechnung. Darauf aufbauend entwickelte SeeReal diese Technologie. Holography begrenzt die für die Anzeige notwendigen Bilder und nur die entsprechenden Beugungswinkel.

Auf dem Schirm werden für jedes Auge etwa  $30 \times 30$  Pixel große Subhologramme erzeugt, die sich wie Wasserwellen auf einem See überlagern, ohne sich gegenseitig zu stören. Das rechte und das linke Auge erhalten ihre Bilder nacheinander alle 33 ms, weshalb die Darstellung leicht flimmert. Mit schneller schaltenden LCDs und einer

sequentiellen Wiedergabe mit 60 Hz sollte diese Bildunruhe jedoch verschwinden.

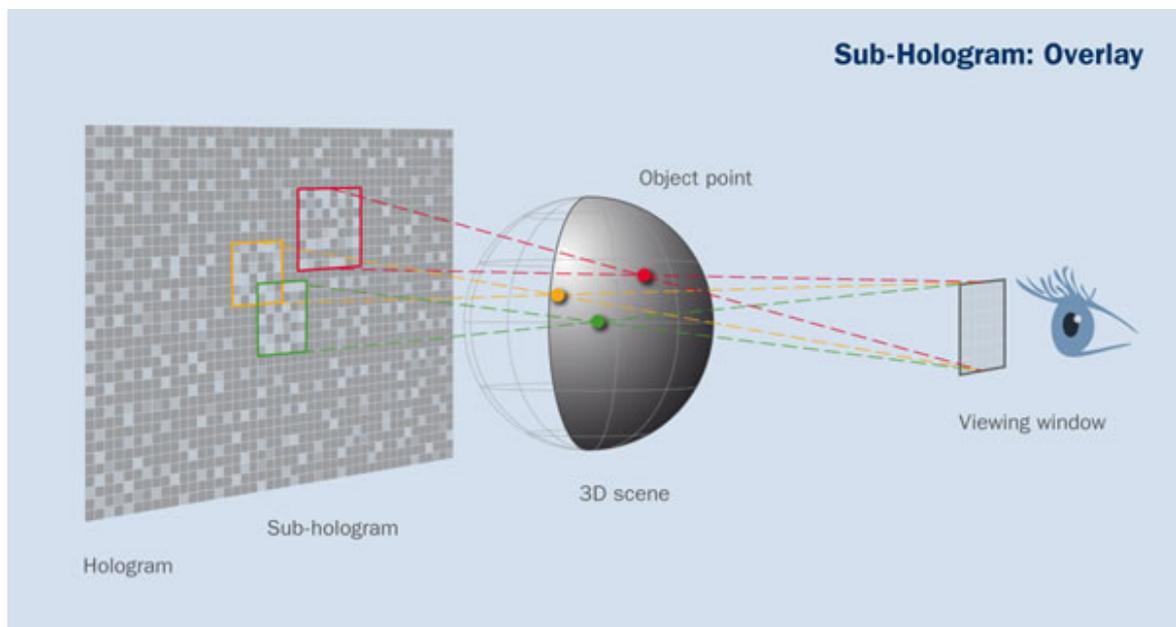
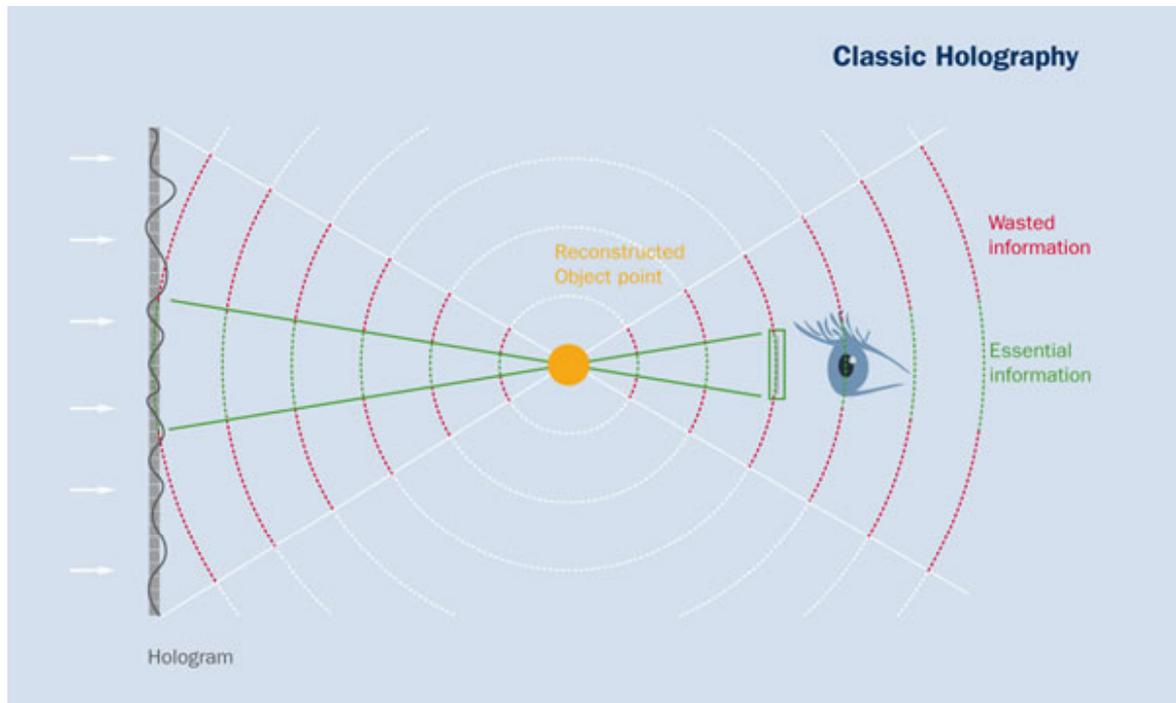


Abbildung 17: Holographic Displays<sup>21</sup>

<sup>21</sup> <http://www.seereal.com/>

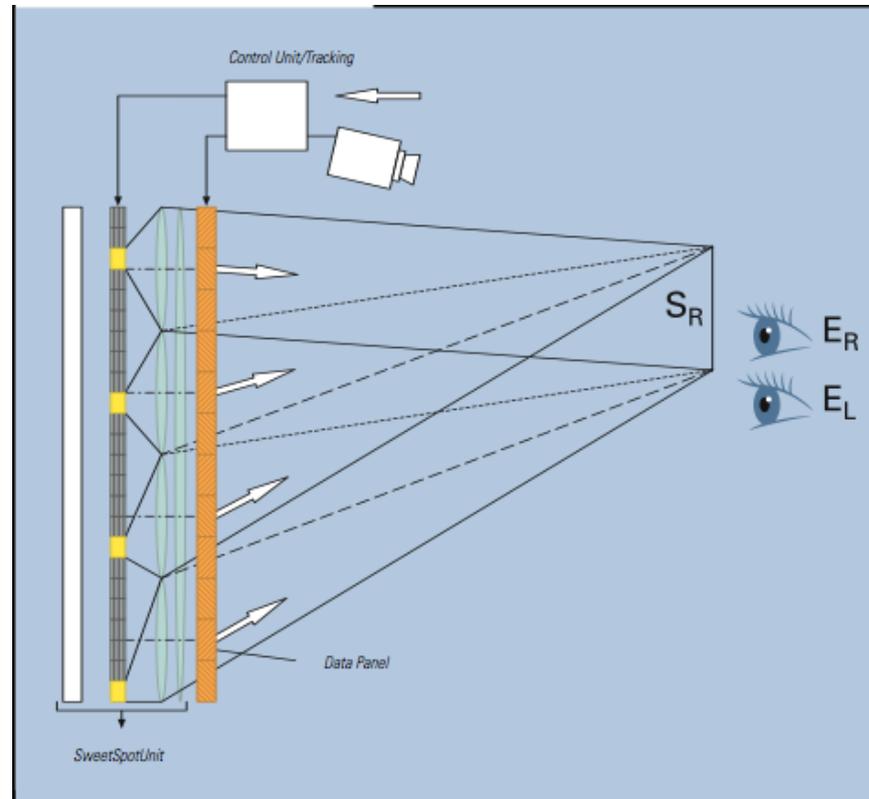
Der Vorteil ist, dass es kleinere kodierte Hologrammbereiche pro Szene gibt, die mit der Form und der Größe des Vor-Hologramms nah verbunden sind. Durch das Einschränken des Hologramms (siehe Abbildung 17) und der heutigen Rechnerkapazität ist eine Echtzeitdarstellung von Hologrammen in HDTV-Auflösung möglich.

Die Wissenschaftler griffen dabei zu einem Trick und reduzierten die Anzahl der nötigen Bildschirmpixel mit einem Eye-Tracking-System. Dieses verfolgt die Augenposition des Betrachters und gibt dem Auge das jeweils passende Hologramm in einem nur kleinen Betrachtungswinkel wieder, welcher sich bei Kopfbewegungen automatisch durch die Verfolgung mit dem Eye-Tracker ausweitet. Indem man das Hologramm nicht über diesen Sehbereich hinausreichen lässt, begrenzt man die enormen Datenmengen, die üblicherweise für hochauflösende 3D-Hologramme benötigt werden und kann die Berechnungen so in Echtzeit auf einem herkömmlichen PC ausführen. SeeReal entwickelte für den holografischen 3D-Schirm zudem ein ASIC, das echten 3D-Content aus CAD/CAM-Anwendungen aufarbeiten kann und Stereoinhalte sowie DirectX-Anwendungen in 3D-Hologramme konvertiert.

### **5.2. autostereoskopisches 3D-Display**

Bei autostereoskopischen 3D-Displays ist vor dem Monitor ein Linstenrastersystem angebracht, welches vergleichbar mit einer um 90° gedrehten Lenticularfolie ist. Durch diese Folie betrachtet jedes Auge jeweils die geraden bzw. die ungeraden Spalten des Monitors wodurch der 3D-Effekt entsteht. Notwendig für dieses System ist ein Kamerasystem, welches die Position des Kopfes des Betrachters

ermittelt und dementsprechend das Linsenraster verschiebt und anpasst.



**Abbildung 18: autostereoskopisches Display<sup>22</sup>**

Philips hat ebenso wie SeeReal ein autostereoskopisches Display entwickelt, welches 8 verschiedene Betrachtungspositionen zulässt und mit der selbst entwickelten WoWvx-Technologie arbeitet, die im Grunde die gleiche ist, wie bei den restlichen autostereoskopischen Displays und mittels Lenticularfolie arbeitet.

Für den Heimbereich wirklich geeignet sind diese Displays zumindest beim derzeitigen Preis nicht, da es nur wenige Filme in 3D gibt. Die Technik verspricht zwar, auch 2D-Filmmaterial dreidimensional

<sup>22</sup> <http://www.seereal.com/>

darstellen zu können, allerdings wird dies wohl nicht sehr viel versprechend sein können.



Abbildung 19: Philips 3D Fernseher<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> <http://www.philips.com>

## 6. Software

### 6.1. Quantel

Auf der IBC in Amsterdam stellte Quantel am 7. September 2007 ein System namens Stereoscopic 3D vor, das die Postproduktion in 3D erheblich vereinfachen soll.

Stereoscopic 3D unterstützt das gleichzeitige sehen beider Teilbilder und lässt die 3D Wirkung in Echtzeit kontrollieren ohne dass das Material erst gerendert und ausgespielt werden muss.

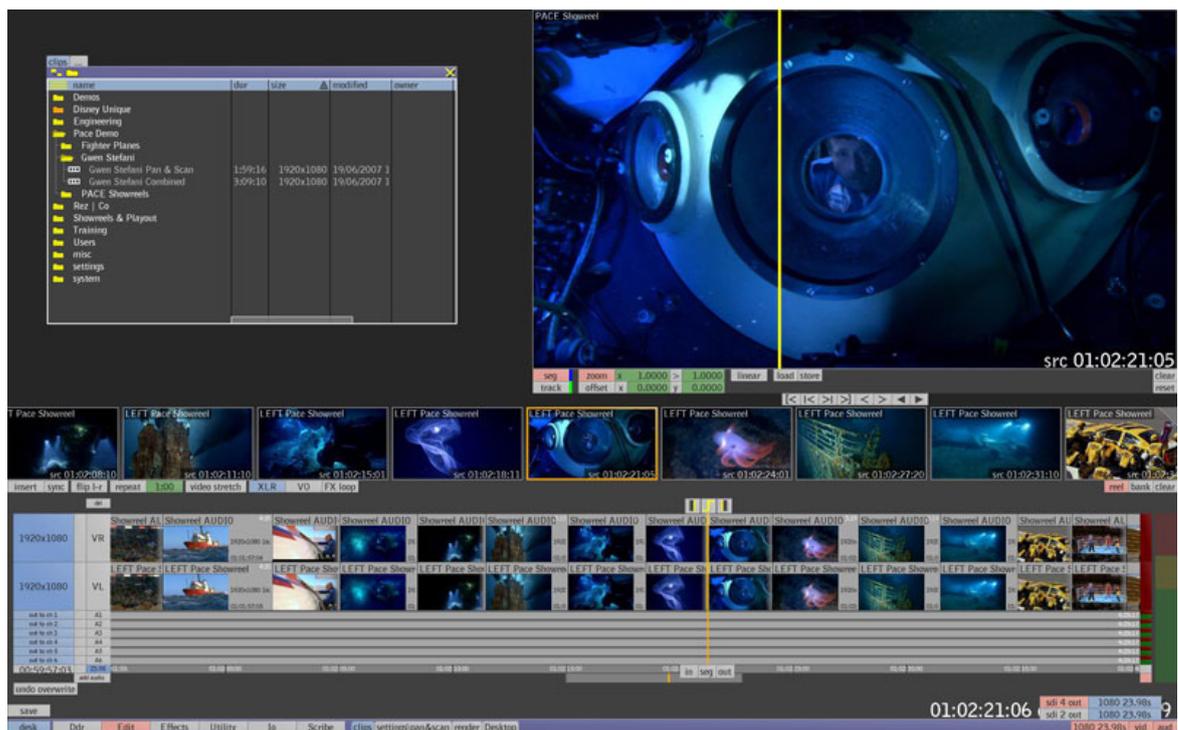


Abbildung 20: Quantels Stereoscopic 3D<sup>24</sup>

<sup>24</sup> <http://www.quantel.com/>

Eine speziell für die Postproduktion in 3D ausgelegte Arbeitsstation von Quantel wird unter dem Namen „Sid“ mit unterschiedlichen Konfigurationsmöglichkeiten verkauft.

## **6.2. Stereoscopic Player**

Ohne den Einsatz des Stereoscopic Players ist es notwendig, für jedes Wiedergabeverfahren eine eigene Videodatei zu produzieren. Die Qualität der Videos wird dadurch verschlechtert, da viele Videocodecs Farbunterabtastung verwenden, welche gerade bei der Anaglyphentechnik zu erheblichen Qualitätseinbußen des 3D-Effekts führt.

Besser als für jedes Verfahren eine eigene Videodatei erstellen zu müssen ist es, wenn ein Clip produziert wird, der in Echtzeit in den unterschiedlichsten Formaten wieder gegeben werden kann (siehe Abbildung 21). Genau das unterstützt der Stereoscopic Player, indem beispielsweise beide Videodateien geladen werden, anschließend das Wiedergabeformat ausgewählt wird und man erhält in Echtzeit das 3D-Video.



**Abbildung 21: Stereoscopic Player<sup>25</sup>**

Der Stereoscopic Player unterstützt alle gängigen 3D Formate als Echtzeitausgabe, wie Nebeneinander, Übereinander, zeilenweise verschachtelt (NuView), spaltenweise verschachtelt (Lenticular/autostereoskopische Displays), echte Anaglyphen (Rot/Blau, Rot/Grün), farbige Anaglyphen, optimierte Anaglyphen etc. Leider unterstützt er allerdings keine Wiedergabe im optimierten Wiedergabeverfahren ColorCode3D, da dieses Verfahren patentiert ist.

Die Entwickler des Stereoscopic Players arbeiten bereits an einer Routine um das Abspielen von 3D-Videos zu vereinfachen, indem der Player nicht mehr eigens gestartet werden muss. Dieser würde sich automatisch starten und das Video in dem passenden 3D-Format abspielen.

<sup>25</sup> <http://www.3dtv.at>

Durch die vielen Einsatzmöglichkeiten und die Vielfalt die der Stereoscopic Player bietet ist er auch gut geeignet um 3D-Produktion gerade im Low-Budget Bereich wiederzugeben und zu präsentieren.

### 6.3. More3D

More3D wurde von den vier Inhabern, die bei der ELSA AG das Multimedia und Datenkommunikations-Team gebildet haben 2001 mit dem Ziel gegründet, plastisches 3D für die Grossbildprojektion zu ermöglichen. Dafür wirkt das Produkt als Treiber, der zwischen der Anwendung (die Direct3D unterstützen muss) und dem Ausgabegerät. Während der Arbeit fertigt More3D automatisch verschiedene Perspektiven an und stellt diese im gewünschten Format dar.

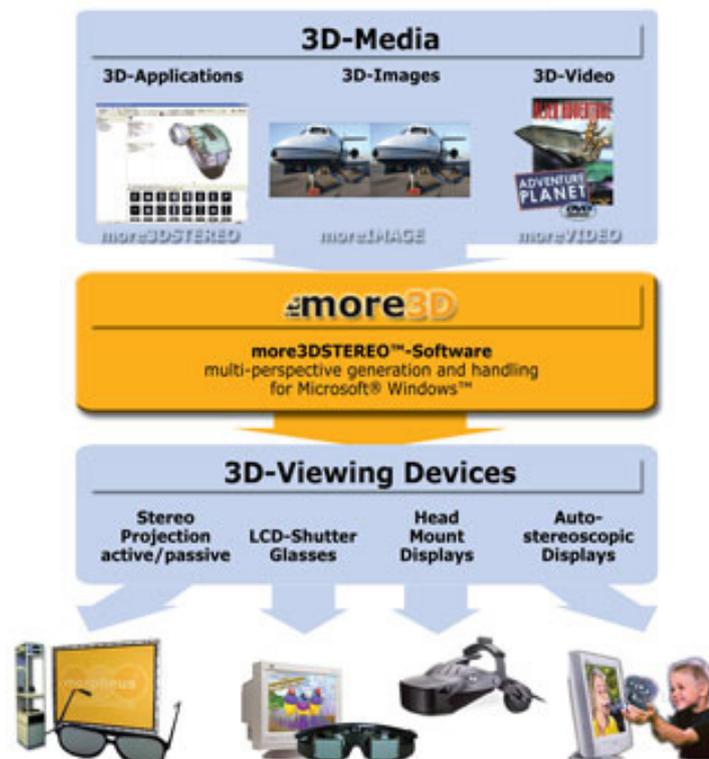


Abbildung 22: More3D<sup>26</sup>

<sup>26</sup> <http://www.more3d.de>

Durch More3D wird es möglich, in Echtzeit von allen Anwendungen die Direct3D unterstützen, plastische Bilder darzustellen und eignet sich daher besonders für CAD Anwendungen.

More3D bietet allerdings ebenso einen 3D-Player an, der ähnlich wie der Stereoscopic Player arbeitet und in Echtzeit 3D Video darstellen und umwandeln kann.

### 6.4. Adobe After Effects

Adobe After Effects hat eine Funktion implementiert, welche es ermöglicht, auf einfachem Weg 3D-Videos zu erstellen. Es müssen dazu zwei Videos synchron übereinander gelegt werden, anschließend wird im Menü „Effekt“ ausgewählt, im Drop-Down-Menü „Perspektive“ und dann „3D-Brille“. In den Effekteinstellungen kann dann entschieden werden, welche Spur für welche Ansicht angepasst wird und natürlich welches 3D-Format gerendert werden soll.

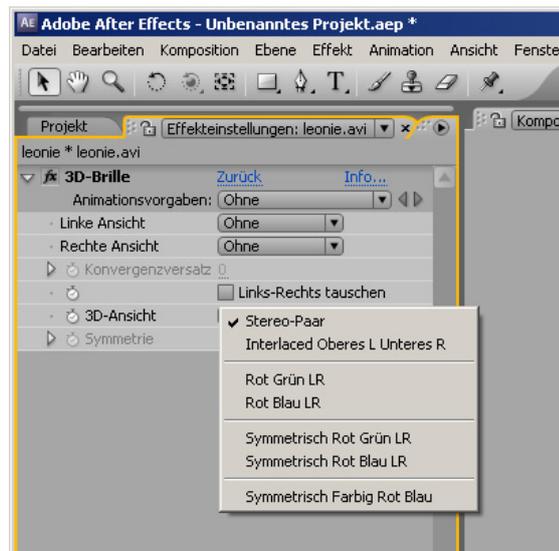


Abbildung 23: Adobe After Effects-Einstellungen für 3D Video

Leider unterstützt Adobe After Effects auch in der aktuellen Version CS3 bloß Rot/Grün und Rot/Blau was für Farbechtheit nicht geeignet ist und die Ausgabe des Videomaterials benötigt Renderzeit. Dennoch ist es eine gute Variante Schwarz-Weiß 3D-Videos zu erstellen die keine zusätzliche Software zum Abspielen benötigen.

## 7. Produktion

Die Produktion von 3D Filmen, bis auf die NuView und das Pulfrichverfahren gestaltet sich komplett gleich, da in jedem Verfahren mit zwei Kameras gearbeitet werden muss. Die Unterschiede ergeben sich in der Nachbearbeitung mittels Farbfilter bzw. beim Abspielen mittels Polarisationsfilter. Die beiden Kameras müssen im Augenabstand von ca. 6,5 cm. angebracht sein. Dieser Abstand bezieht sich auf die Entfernung zwischen den Mittelpunkten beider Objektive. Die Kameras sind parallel montiert und je nach Abstand und Nahpunkt bzw. Fernpunkt muss eine bestimmte Blende ausgewählt werden. Der Nahpunkt bezeichnet das am nächsten gelegene Objekt, der Fernpunkt das am weitesten entfernte. Dazwischen gibt es einen Fokussierungspunkt der in einer bestimmten Entfernung sein muss, dieser beschreibt jenes Objekt, auf welches fokussiert werden muss, und welches im Endeffekt scharf dargestellt wird.

Die Problematik bei der Produktion mit zwei Kameras stellt sich dar, sobald ein Zoom ausgeführt, die Blende oder die Schärfe geändert wird. Spontane Aufnahmen sind kaum möglich, gut vorbereitete Aufnahmen jedoch stellen kaum ein Problem dar, weshalb die Low-Budget Produktion mit zwei Kameras sehr wohl für richtige Drehs geeignet ist, weniger jedoch für die aktuelle Berichterstattung sowie für Sportaufnahmen, da in diesem Fall die Bewegung der Kamera sehr schnell ist, was dazu führt dass das Auge überreizt wird und sehr bald das Betrachten anstrengend und ermüdend wird.

Der zu wählende Bildausschnitt gestaltet sich ebenfalls anders, als bei normalen Filmproduktionen. Vor dem Nahpunkt darf kein Objekt angesiedelt sein, da bei diesem Objekt die beiden Teilbilder zu

unterschiedlich wären (zu weit links-rechts verschoben) was zu einer Betrachtungsstörung führt. Weiters ist es absolut notwendig dass beide Kameras horizontal in der Waage sind, da ansonsten beide Teilbilder Höhenunterschiede haben und im Nachhinein angepasst werden müssen. Bei 3D Fotos ist dieser Prozess nicht sehr aufwändig, im Filmbereich jedoch schon, wenn jedes Bild angepasst werden muss.

### 7.1. ste-fra Lanc

ste-fra® LANC ist eine kabelgebundene Fernbedienung zur synchronen Steuerung von zwei Foto oder Videokameras die über eine entsprechende Steuerungsbuchse/Protokoll verfügen, um stereoskopische Aufnahmen erstellen zu können. Mittels dieser Lanc-Steuerung können zwei Kameras gleichzeitig ein-/ausgeschaltet werden, es besteht die Möglichkeit mit beiden Kameras gleichzeitig zu zoomen und zusätzlich erhält man über eine Anzeige die Asynchronität der beiden Kameras im Bereich von 0,1ms – 1ms angezeigt.



Abbildung 24: ste-fra Lanc für 2 Kameras

## 7.2. Genlock

Genlock ist die Fähigkeit von meist professionellen Kameras auf einer externen Signalquelle synchron zu laufen um Studios oder Videolabors abzugleichen. Auch in der 3D Produktion kann der Einsatz von Genlock-fähigen Kameras von Vorteil sein, denn selbst wenn beide Kameras nahezu gleichzeitig starten, kann der Unterschied der Aufnahmen bis max. 20ms-40ms sein (50 Bilder/Sekunde = 20ms/Bild). Da die Schnittprogramme nur framegenaues schneiden unterstützen kann jede Videospur auch in einem Bereich von 2ms (4ms bei 25p) verschoben werden. Beginnen beide Aufnahmen also um 1 ms verschoben so ist das nachträglich im Schnittprogramm auch nicht mehr zu korrigieren und es entsteht im fertigen 3D Film ein unerwünschtes Nachziehen der einen Kamera. Dieses Nachziehen ist jedoch sehr minimal, dennoch ist es vorhanden. Um dieses Nachziehen zu verhindern und beide Kameras zu synchronisieren wird der Genlock-Anschluss verwendet.

Die Funktionsweise am Beispiel des SCS-GEN:

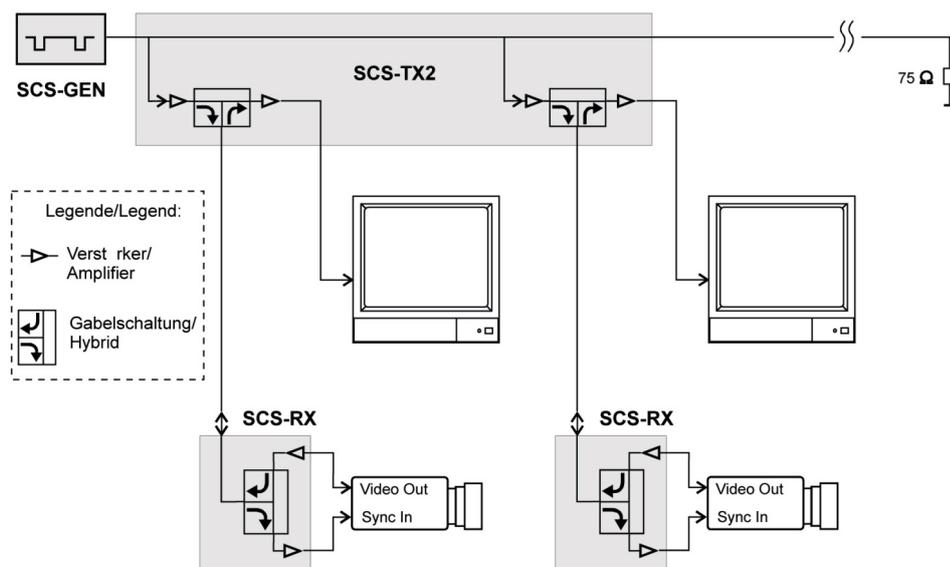


Abbildung 25: Genlock Synchronsignal-Generator

Der zentrale Synchronsignal-Generator SCS-GEN erzeugt ein Synchronsignal, das über Synchronsignal-Sender SCS-TX2 in die von den Kameras kommenden Videokabel eingespeist wird.

In dem kameraseitigen Synchronsignal-Empfänger SCS-RX wird das von dem Synchronsignal-Sender eingespeiste Synchronsignal wieder abgetrennt und der Kamera zur Fremdsynchronisation zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig wird hier das Videosignal der Kamera in das Videokabel eingespeist.

Der Synchronsignal-Sender SCS-TX2 empfängt das von der Kamera kommende Videosignal und trennt es von dem auf dem Kabel überlagerten Fremdsynchronsignal ab, so dass den folgenden Geräten (z.B. Monitore, MULTISCOPE, Kreuzschiene) das Originalsignal der Kamera zur Verfügung steht.

## 7.3. Produktion von 3D Filmen

### 7.3.1. Anaglyphenverfahren

Die Produktion eines 3D Filmes in der Anaglyphentechnik (Beispielsweise Rot/Cyan) gestaltet sich gleich wie die Produktion im Polarisationsverfahren und allen anderen Techniken, bei denen bloß das Betrachtungshilfsmittel ein anderes ist, ausgenommen der NuView Technik und des Pulfrich-Verfahrens.

Die Videokameras werden auf einer Schiene am besten im Abstand von 6,5 cm. befestigt und sind beide gerade nach vorne ausgerichtet. Da im Praxisbeispiel zwei Kameras vom Typ Canon XH-A1 verwendet wurden, die es von der Form her nicht erlauben, diese Basis zu verwenden wurde die geringste mögliche Basis der Kameras verwendet, welche 12 cm. beträgt.

Anhand der 70-Minuten Bedingung gilt folgende Tabelle:

<b>Basis 130mm</b>								
Nahpunktentfernung (in m)	2,1	2,5	3,2	3,7	3,9	4,5	5,0	6,5
Fernpunktentfernung (in m)	3	4	6	8	10	15	20	
optimale Blende	8,0	5,6	5,6	4,0	4,0	5,6	5,6	4,0
resultierende Entfernung (in m)	3	3	5	5	5	5	10	10

Daraus ergibt sich je nach gewählter Blende und Fernpunkt eine resultierende Entfernung und eine Nahpunktentfernung.

Bei den Aufnahmen wurden im Tierpark Schönbrunn einige Szenarien gefilmt, die jedoch einen Fernpunkt von mehr als 20 Meter hatten, wodurch sich auch ein Nahpunkt von 6,5 Meter und eine resultierende Entfernung von 10 Meter ergibt.



**Abbildung 26: Dreh im Tierpark Schönbrunn**

Als Filmformat wurde 1080i gewählt das eine schärfere Darstellung liefert und dadurch gerade für 3D-Film (bei dem ja die Schärfentiefe möglichst hoch sein soll) ein besser geeignetes Format darstellt.

Um die notwendige Synchronität der beiden Kameras zu gewährleisten ist es empfehlenswert, eine Filmklappe zu verwenden, die eigentlich genutzt wird um Bild und Tonmaterial zu synchronisieren, bei 2 Kameras jedoch auch ihren Nutzen nicht verliert und die Nachbearbeitung erheblich vereinfacht.



**Abbildung 27: Verwendung eine Filmklappe zum synchronisieren der beiden Videos**

Für die weitere Verarbeitung des Materials gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Das Material müsste nicht unbedingt bearbeitet werden, sofern der Stereoscopic Player, wie bereits im Kapitel 4.1 erwähnt, zum Einsatz kommen würde und beide Kameras absolut synchron laufen würden. Soll jedoch ein Film auf DVD produziert werden, muss auf der DVD bereits der endgültige Film in dem jeweiligen 3D-Format vorhanden sein.

Bei der klassischen Anaglyphentechnik (Rot/Grün, Rot/Blau oder Rot/Cyan) werden beide Videospuren beider Kameras in der Schnittsoftware übereinander gelegt und die obere auf 50% transparent gesetzt.

Absolut notwendig hierbei ist die Synchronität beider Spuren. Die Videos müssen exakt übereinander gelagert sein.

Anschließend wird dem linken Halbbild die Farbe rot mittels Tonwertkurven entzogen, dem rechten Halbbild die jeweilige dazugehörige Farbe (Blau, Grün und bei Cyan Blau und Grün). Um den Helligkeitsverlust auszugleichen, hat der Praxisversuch gezeigt, dass es sich positiv auswirkt, im Nachhinein die Helligkeit der beiden Spuren etwas zu erhöhen.

Es ist weiters erforderlich, die beiden Videospuren nicht nur synchron der Zeit gegenüber zu halten, sondern ebenso dem Bildausschnitt gegenüber, weshalb ein Teilbild von Zeit zu Zeit in der Höhe und der Drehung dem anderen Teilbild angepasst werden muss, da sich jede noch so geringe Veränderung der Kameralage bei den Dreharbeiten auf das räumliche Bild auswirkt.

Bei der Videoausgabe ist darauf zu achten, dass MPEG2 nur bedingt geeignet ist, da MPEG2 Farbveränderungen im Videomaterial vor nimmt und speziell die Rottöne nicht exakt dargestellt werden. Die Ausgabe über beispielsweise Quicktime ist zu empfehlen.

### 7.3.2. ColorCode3D

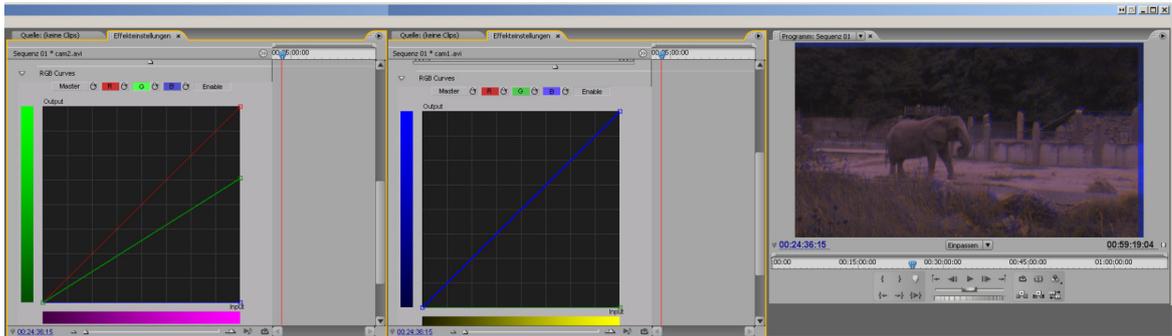


Abbildung 28: ColorCode3D Farbwerte

ColorCode3D ist ein patentiertes System und verspricht Farbechtheit trotz Anaglyphentechnik. Bei den Testversuchen konnte keine tatsächliche Farbechtheit festgestellt werden, wobei die Farbcodes nicht freigegeben werden, weshalb auch keine Gewähr gegeben wird, ob die hier angegebenen Farbwerte den tatsächlichen Werten von ColorCode3D entsprechen.

Den Testversuchen entsprechend muss die Spur für das rechte Auge auf 100% Blau und jeweils 0% für Rot und Grün gesetzt werden (siehe Abbildung 28). Die Spur für das linke Auge wiederum auf 100% Rot, ca. 66% Grün und 0% Blau. RGB Werten entsprechend stellt sich Amber als 255,191,0 dar was für 74% Grün stehen würde. Den Testversuchen nach, entspricht ein Grünwert von 66% bzw. RGB 255,168,0 den besten Resultaten.

### **7.3.3. Pulfrich-Effekt**

Die Produktion von Filmen im Pulfrich-Verfahren ist die einfachste aber dennoch nicht die uneffektivste. Für das Erstellen eines 3D-Filmes im Pulfrichverfahren wird eine einzige Kamera benötigt die eine Bewegung von rechts nach links durchläuft. Während dieser Bewegung entsteht mit Hilfe einer geeigneten Brille beim Betrachter der 3D-Effekt.

Bei der Produktion muss darauf geachtet werden, dass die Bewegung nicht zu schnell vollzogen wird, langsamere Bilder wirken am Besten. Anders als bei den Stereoskopischen Verfahren, bei denen zwei Kameras benötigt werden und dadurch auch ein Mindestabstand zu dem nächsten Objekt eingehalten werden muss, ist dies beim Pulfrichverfahren nicht notwendig. Die Kamera kann ohne Einschränkungen Close-Ups und dergleichen aufzeichnen, solange die Bewegung vollzogen wird, entsteht die plastische Wirkung.

Nachbearbeitung ist keine notwendig, Farbechtheit ist gegeben und der 3D-Effekt wirkt auf jedem Abspielgerät, weshalb sich diese Technik auch sehr für schnelle und unkomplizierte Produktionen eignet.

## **8. Abschließende Zusammenfassung**

Auch wenn die Theorie der 3D-Filmproduktion sehr unkompliziert wirkt, gibt es dennoch gewisse Hürden und Bedingungen die man beachten muss. Mehr noch als das Beherrschen der technischen Grundlagen wirkt sich die Bildkomposition aus, die die Eindrucksvollsten Bilder zerstören kann, wenn etwa ein Objekt näher ist als der Nahpunkt zulässt. Dadurch entsteht beispielsweise ein unangenehmes Flimmern welches den Effekt zerstört.

Die Nachbearbeitung gestaltet sich einfacher als die Produktion, und unter Einsatz des Stereoscopic Players ist kaum Nachbearbeitung notwendig. Wünschenswert wäre eine Implementierung von ColorCode3D im Stereoscopic Player um farbechtere Anaglyphenbilder erzeugen zu können.

Durch die derzeitige Entwicklung der autostereoskopischen Displays ist jedoch der Einsatz der Anaglyphentechnik wohl endgültig veraltet und dem Einzug von 3D-Produktionen ins heimische Wohnzimmer steht nichts mehr im Wege. Auch wenn dies bereits vor Jahren mit der Universum-Reihe unter Zuhilfenahme des Pulfrich-Verfahrens gescheitert ist, versprechen sich dennoch Hersteller wie Philips und SeeReal Technologies Absatzmöglichkeiten.

Wie lange es dauert, bis Produktionsfirmen, oder sogar Fernsehanstalten auf 3D wechseln, bleibt abzuwarten, noch dazu, da derzeit erst auf HDTV gewechselt werden muss. Da jedoch auch das beste 3D-Display kein echtes plastisches Bild auf der Grundlage von 2D-Material erzeugen kann wird sich die Frage bald wieder stellen, ob zuerst das Huhn oder das Ei vorhanden sein wird.

## 9. Literaturverzeichnis

- Monographien und Lehrbücher

1. Leo H. Bräutigam, Stereofotografie mit der Kleinbildkamera, Hückelhoven 1996,2005
2. Gerhard Kuhn, Stereofotografie und Raumbildprojektion, Gilching, 1999
3. Ulrich Schmidt, Professionelle Videotechnik, Berlin 2003

- URL-Verzeichnis

[1]

[http://de.wikipedia.org/wiki/Camera\\_obscura](http://de.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura)  
12.5.2007

[2]

<http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/foto/nie.html>  
12.5.2007

[3]

<http://de.wikipedia.org/wiki/Stereoskop>  
28.5.2007

[4]

<http://de.wikipedia.org/wiki/VR-Helm>  
19.5.2007

[5]

<http://www.3d-foto-shop.de/pd1140455100.htm>  
27.7.2007

[6]

<http://www.heise.de/newsticker/meldung/95349>

7.9.2007

[7]

<http://www.stud.tu-ilmenau.de/~flma-mt/video-3d/beschreibung-3.html>

20.5.2007

[8]

<http://www.stereoskopie.com>

[9]

<http://www.perspektrum.de>

[10]

<http://www.more3d.de>

[11]

<http://www.3dtv.at>

[12]

<http://www.seereal.com>

## 10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Camera Obscura .....	11
Abbildung 2: Das erste Foto .....	13
Abbildung 3: Kleinbildfilm .....	14
Abbildung 4: galoppierendes Pferd von Eadweard Muybridge.....	15
Abbildung 5: doppelte Tuschezeichnung um 1600.....	16
Abbildung 6: 3D-Boom um 1960 .....	17
Abbildung 7: Objektive mit verschiedenen geöffneten Blenden: Geschlossene Blende (f/22 links), Blende f/11 (Mitte) und offene Blende (f/3,5 rechts) im Vergleich.....	20
Abbildung 8: Zeilensprungverfahren/Kammeffekt .....	22
Abbildung 9: Perspektivenunterschied zwischen beiden Augen .....	26
Abbildung 10: Betrachtungsapparate für Stereoskope .....	31
Abbildung 11: Stereoskop.....	32
Abbildung 12: Anaglyphenbrille für Rot/Blau Anaglyphen.....	33
Abbildung 13: Consumer-VR-Brille.....	38
Abbildung 14: NuView-Adapter für 3D-Aufnahmen.....	39
Abbildung 15: Nimslo 3D-Kamera .....	41
Abbildung 16: Lenticularfolie .....	42
Abbildung 17: Holographic Displays .....	50
Abbildung 18: autostereoskopisches Display .....	52
Abbildung 19: Philips 3D Fernseher.....	53
Abbildung 20: Quantels Stereoscopic 3D .....	54
Abbildung 21: Stereoscopic Player .....	56
Abbildung 22: More3D.....	57
Abbildung 23: Adobe After Effects-Einstellungen für 3D Video .....	58
Abbildung 24: ste-fra Lanc für 2 Kameras.....	61
Abbildung 25: Genlock Synchronsignal-Generator.....	62
Abbildung 26: Dreh im Tierpark Schönbrunn .....	65

Abbildung 27: Verwendung eine Filmklappe zum synchronisieren der  
beiden Videos.....66

Abbildung 28: ColorCode3D Farbwerte .....68