Reinoldus- und Schiller - Gymnasium

Stereoskopie

Facharbeit Grundkurs Physik

von Philipp Kramer

12. Jahrgang

Abgabedatum: 5.4.2011

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **3**

2 Aufnahme **4**
2.1 Grundprinzip 4

3 Wiedergabe **6**
3.1 Grundprinzip 6
3.2 3D-Monitore 6
3.2.1 Farbanaglyphen 6
3.2.2 Autostereo 7
3.2.3 120Hz-Technik 7
3.2.4 Polarisationmonitore 8
3.3 Beamer 9
3.3.1 3D-Beamer 9
3.3.2 Interferenztechnik 10
3.3.3 Polarisation 10

4 Selbstbau **12**
4.1 Shutter 12
4.2 Polarisation 13
4.2.1 Beamer 14
4.2.2 Polfilter 15
4.2.3 Leinwand 16
4.2.4 Ergebnis 16

5 Fazit **17**

1 Einleitung

Mit James Camerons Blockbuster “Avatar - Aufbruch nach Pandora“ begann der aktuelle 3D Boom. Die früheren Versuche aus den 50er-, 70er- und 80er- Jahren 3D-Filme in den Kinos durchzusetzen waren allerdings nicht so erfolgreich wie jetzt. [www01]
Doch der Grundgedanke der Stereoskopie wurde bereits im 4. Jahrhundert vor Christus von dem Mathematiker Euklid entdeckt. Charles Wheatstone gelang es um 1838 Zeichnungen über ein von ihm entwickeltes Stereoskop, durch welches man über Spiegel auf ein engesetzes Bild sah, räumlich darzustellen. Somit gab es die Stereoskopie schon bevor die Fotografie erfunden wurde. [www02]
Nicht zuletzt ist dies der verbesserten Aufnahme- und Wiedergabetechnik zu verdanken, sodass Spielekonsolen wie z.B. der Nintendo 3DS dem Benutzer einen räumlichen Eindruck bieten können.

Aber warum scheinen die Gegenstände aus der Leinwand herauszuragen?
Diese Illusion haben wir unserem Gehirn zu verdanken, welches aus den zwei perspektivisch unterschiedlichen Bildern unseres Augenpaares ein räumliches Bild erzeugt. Um also ein Bild für uns räumlich darzustellen, muss unser linkes Auge ein leicht verändertes Bild sehen als das Rechte. Dies geschieht in 3D-Kinos, wie auch am heimischen PC oder Fernseher mithilfe unterschiedlicher Techniken, die ich im folgenden näher beschreiben werde.

2 Aufnahme

2.1 Grundprinzip

Neben Animationsfilmen, die am Computer mit wenig Aufwand in zwei Perspektiven gerendert werden können gibt es natürlich auch Realfilme bzw. Fotos. Um diese später wieder dreidimensional darzustellen werden sie meist mit zwei auf einem Stativ nebeneinander platzierten Kameras (Side-by-Side Rig) gefilmt oder fotografiert.

Für die Wirkung und Stärke des später entstehenden 3D-Effekts ist neben der Stereobasis, also dem Abstand der Kameraobjektive zueinander, auch die Konvergenz, welche die Drehung der Kameras zueinander beschreibt, entscheidend.

Als Stereobasis wird meist der Augenabstand eines Erwachsenen von ca. 65mm verwendet (interokularer Abstand). Bei Aufnahmen von nahen Objekten (Makrofotografie) wie z.B. Blumen muss die Stereobasis verkleinert werden, da sonst der Betrachter zum Schielen gezwungen wird, was nicht selten zu Kopfschmerzen führt.

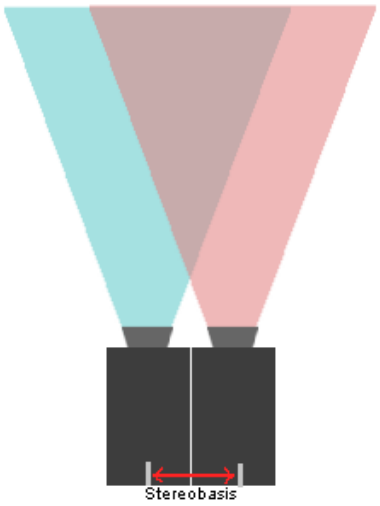

Abbildung 1: Stereobasis

Um die Stereobasis unabhängig von der Kameragröße verkleinern zu können, werden diese im rechten Winkel an einem Aufsatz angebracht. Im inneren dieses Mirror Rig's befindet sich ein Halbspiegel, welcher das Bild in die Objektive der Kameras reflektiert. Eine Stereobasis von mehr als 65mm wird Hyperstereo genannt und findet meist bei Panoramaaufnahmen Verwendung, da dadurch weit entfernte Objekte kleiner erscheinen.

Der Schnittpunkt der beiden Kameraachsen ist der Konvergenzpunkt. Er ist der Mittelpunkt der Konvergenzebene, welche Parallel zur Stereobasis steht. Alle Objekte, die sich hinter ihr befinden erscheinen auch hinter der Leinwand bzw. dem Bildschirm.

Sollen bestimmte Objekte vor der Leinwand erscheinen, müssen sie zwischen Konvergenzebene und den Kameras liegen.

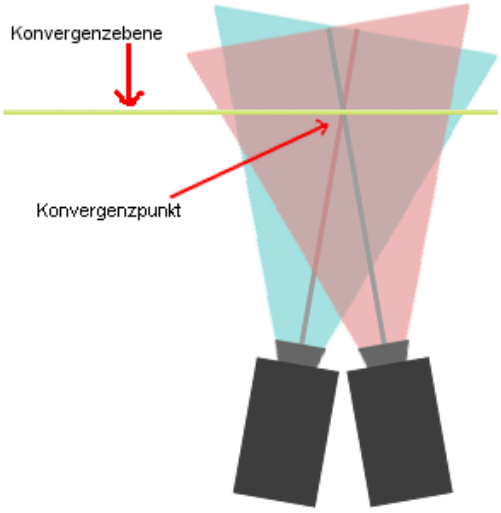

Abbildung 2: Konvergenz

Bei Aufnahmen sollte möglichst darauf geachtet werden, dass Objekte die aus dem Bildschirm (auch Scheinfenster genannt) herausragen nicht vom Bildschirmrand abgeschnitten werden. Dies wird als Scheinfensterverletzung bezeichnet, da das Objekt, obwohl es sich vor dem Bildschirm befindet, verdeckt wird. [www03]

Um die Konvergenzebene den bestimmten Szenen anzupassen kann ihr Abstand zu den Kameras (K) mit folgender Formel ausgedrückt werden:

$$K = \frac{B}{2} * tan(90^\circ - \beta)$$

Bei gegebener Stereobasis (B) und gewünschtem Abstand zur Konvergenzebene lässt sich der Neigungswinkel (β) der Kameras durch folgende Umstellung der Formel nach β berechnen:

$$\beta = 90^\circ - atan(\frac{2 * K}{B})$$

Der Konvergenzwinkel ist der Winkel, in dem sich beide Kameraachsen schneiden, also $2 * \beta$.

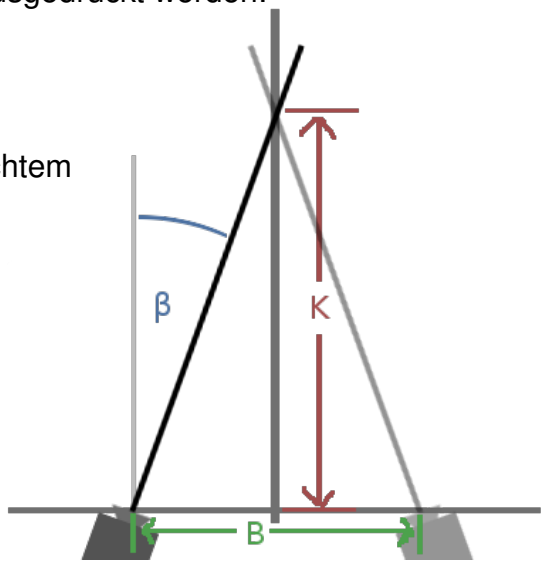

Abbildung 3: Konvergenzberechnung

Zur Speicherung des entstandenen Bildmaterials gibt es, neben den Hersteller-spezifischen, verschiedene Möglichkeiten die zwei Kameraperspektiven in einer Videodatei abzuspeichern.

- Nebeneinander (Side-by-Side)
- Übereinander
- Interlaced; Zeilen- oder Spaltenversetzt (Field-Sequential)
- Abwechselnd (Frame-Sequential)

3 Wiedergabe

3.1 Grundprinzip

Die räumliche Darstellung der Aufnahmen erfordert es, jedem Auge ein anderes Bild zur Verfügung zu stellen.
Umsomehr sich ein Objekt bei übereinander gelegten Perspektiven deckt, desto näher ist es "auf"der Leinwand (P1). Das decken zweier Ansichten auf der Bildwand wird als Nullparallaxe bezeichnet. Muss das rechte Auge, um ein Objekt zu fokusieren, weiter nach links blicken als das Linke, so kreuzen sich die Sichtachsen vor der Projektionsfläche (P3). Durch diese negative Parallaxe erscheint das Objekt vor der Leinwand oder dem Bildschirm. Bei einer positiven Parallaxe scheint es weiter weg zu liegen, da sich die Sichtachsen erst dahinter kreuzen (P2).
[digi11]

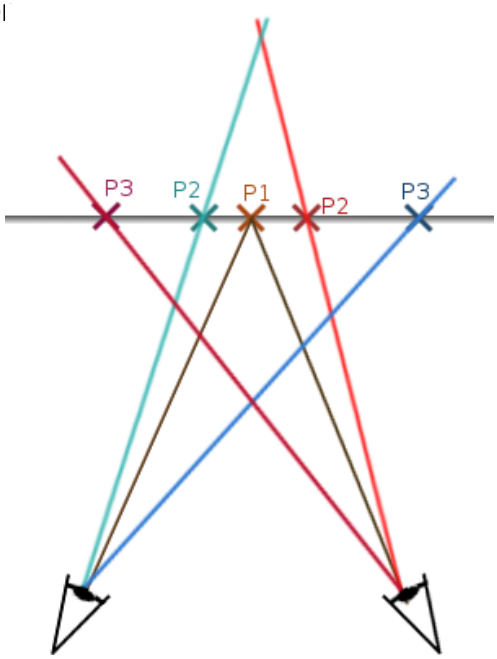

Abbildung 4: Wiedergabe

Um jedem Auge das entsprechende Bild zu zeigen gibt es verschiedene Techniken. Bei den meisten ist es nötig, dass der Betrachter eine spezielle Brille aufsetzt.

3.2 3D-Monitore

3.2.1 Farbanaglyphen

Das Anaglyphenverfahren, entwickelt von Wilhelm Rollman im Jahr 1853, ist das bis heute nahezu günstigeste und einfachste um stereoskopische Bilder darzustellen. [www04] Dabei wird lediglich eine Farbfilterbrille benötigt. Die Farbfilter bestehen meist aus Komplementärfarben. Neben den Grün-Magenta und Gelb-Blau sind die Rot-Cyan Brillen die Gängigsten.
Die zwei perspektivisch unterschiedlichen Bilder werden in den jeweiligen Farben der Brille eingefärbt und übereinander gelegt. Durch den roten Farbfilter vor dem linken Auge wird nun alles Rote in dem Bild herausgefiltert und das Auge sieht nur das Cyan farbige. Hingegen nimmt das rechte Auge, durch den Cyan Farbfilter, nur das rote Bild wahr. Dadurch sehen beide Augen ein unterschiedliches Bild und der räumliche Eindruck entsteht.

Der Nachteil dieses Verfahrens liegt an der starken Farbverfälschung durch die Farbfilter. Dadurch, dass die Anaglyphenbilder auf jedem Farbbildschirm dargestellt werden können, ist kein Zubehör, außer der Brille, nötig.

3.2.2 Autostereo

” 3D ohne Brille
Erleben Sie, wie Entertainment in Ihren Händen lebendig wird!” [www06]

Mit diesem Leitspruch wirbt Nintendo für den Nintendo 3DS, welcher als erste Spielekonsole die Autostereoskopie verwendet.
Bei diesem Verfahren wird meist vor einem LCD (Liquid Cristal Display) ein Linsenraster (Lenticularelement) angebracht, welches die einzelnen Pixel unterschiedlich bricht. Befindet sich der Betrachter in einem bestimmten Bereich vor dem Bildschirm, fallen die entsprechenden Pixel in nur ein Auge, sodass beide ein unterschiedliches Bild wahrnemen und wiederum ein räumlicher Eindruck entsteht.
Der Nachteil dieses Verfahrens ist die eingeschränkte Bewegungsfreiheit, da nur in einem kleinen Winkel das Licht sich wie gewünscht bricht.
[www05]

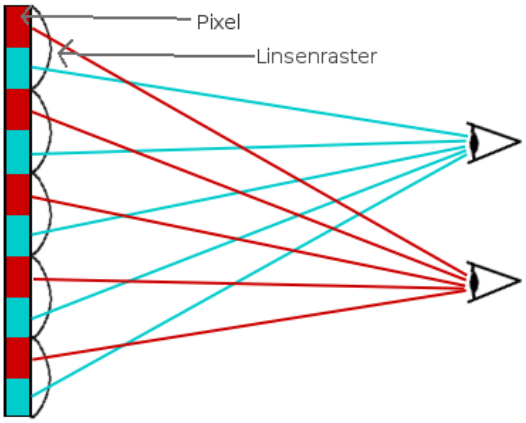

Abbildung 5: Autostereo

3.2.3 120Hz-Technik

Die Shuttertechnik ist ein weiteres Verfahren um den Augen ein jeweils anderes Bild zur Verfügung zu stellen.
Die Bilder werden 60 mal pro Sekunde abwechselnd angezeigt (also mit 120Hz dargestellt). Über eine Shutterbrille werden synchron zur Bilddarstellung abwechselnd die Augen durch kleine LCD’s abgedunkelt. Wird also die Perspektive für das linke Auge dargestellt, verdunkelt sich das LCD vor dem rechten Auge und umgekehrt. Im Gegensatz zur Anaglyphenbrille ist das Shutterverfahren ein aktives, da hierbei die Brille mit Impulsen versorgt wird und selbstständig die ”LCD-Gläser” verdunkelt.

Abbildung 6: Elsa Revelator

Schon in den 80ern kamen Shutterbrillen, wie die eDimensional oder Elsa Revelator (Abbildung 6), kabelgebunden sowie kabellos mit Infrarotsteuerung auf den Markt. Sie konnten mit fast jedem Röhrenmonitor am Computer verwendet werden und verliehen 3D-Spielen die Tiefendimension.
Die üblichen Flachbildschirme sind meist für die Shuttertechnik nicht ausgelegt, da sie eine Bildwiederholungsrate von maximal 75Hz besitzen und somit ein störendes Ruckeln wahrgenommen wird. Auch haben die LCD’s der Shutterbrille sowie LCD-Flachbildschirme eine Eigenpolarisation, sodass das linear polarisierte Licht des Monitors bei einer bestimmten Neigung des Kopfes durch die Brille nicht zum Auge gelangt. Neue Flachbildschirme, wie u.a. der Samsung SyncMas-

ter 2233RZ, sind speziell für die Shuttertechnik ausgelegt und können ihr Bild bis zu 120 mal in der Sekunde aufbauen. Mit kompatiblen Shutterbrillen, wie z.B. dem Nvidia 3D Vision Kit, lassen sich auch neue PC-Spiele in 3D Darstellen.

Der Nachteil dieser Technik liegt im Preis der Shutterbrille. Sie reichen von 20 € (Elsa Revelator) bis über 100 € (Nvidia 3D Vision Kit). Auch sind sie meist unbequem und im Vergleich zu anderen Brillen sehr schwer. Zudem wird ein Bildschirm oder Beamer mit entsprechender Vertikaler Frequenz (mindestens 100Hz) benötigt.
In manchen kleinen 3D-Kinos findet die Shuttertechnik dennoch Verwendung.

3.2.4 Polarisationmonitore

Auf dem heutigen Markt sind auch 3D-Monitore zu finden, welche die zwei unterschiedlichen Bilder entgegengesetzt zirkular Polarisiert darstellen. Dieses Polarisationsmonitore sind vom Grundprinzip nichts anderes als TFT-LCD's, welche linear Polarisiertes Licht ausstrahlen.

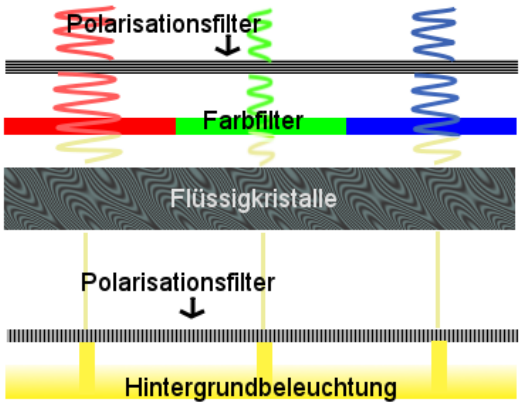

Abbildung 7: Aufbau eines TFT-LCD

Doch warum schwingen die Lichtwellen eines Flachbildschirms nur in eine Richtung?
Das unpolarisierte, weiße Licht der Hintergrundbeleuchtung trifft auf eine lineare Polarisationsfolie, welche die Lichtwellen nur in eine Richtung schwingen lässt. Hinter dieser ersten Polarisationsfolie befinden sich Flüssigkristalle (Liquid Crystals), welche, durch an Elektroden angelegte Spannung, ihre Polarisationrichtung und somit das Licht Stufenweise bis 90 ° drehen können. Hinter dieser Flüssigkristallschicht wird das Licht erst durch rot, grün oder blaue Farbfilter "gefärbt" und trifft dann auf einen weiteren linearen Polarisationsfilter.
Schwingt dort das auftreffende Licht durch die Flüssigkristalle parallel zu diesem zweiten Polarisationsfilter, kann es ihn ohne große Verluste durchlaufen. Wurde die Polarisation des Lichts durch angeregte Flüssigkristalle gedreht, so durchläuft nur die parallele Komponente der Schwingung den Filter. Die jeweilige Farbe des entsprechenden Pixels erscheint dunkler. Ein Standart 17" Flachbildschirm besitzt 786432 Bildpunkte, von denen jeder einzelne die drei Grundfarben rot, grün und blau enthält. [www10]

Bei Polarisationsmonitoren befindet sich nach dem letzen Polarisationfilter noch ein Verzögerungsfilter ($\lambda/4$ [Lambda viertel]), welcher die Lichtwellen zusätzlich dreht (zirkular Polarisiert). Für jede Reihe wird der Verzögerungsfilter abwechselnd ausgerichtet. Das Bild für ein Auge wird somit jede zweite Zeile dargestellt und somit unterschiedlich zirkular Polarisiert angezeigt. Durch eine Polarisationsbrille mit entsprechenden Verzögerungsfiltern und linearen Polfiltern wird nur das passend polarisierte Licht durchgelassen und jedes Auge bekommt das passende Bild.

3.3 Beamer

Neben der Darstellung stereoskopischer Bilder auf einem Bildschirm besteht auch die Möglichkeit sie auf eine Leinwand zu projizieren. Dabei gibt es neben Anaglyphen- und Shutterverfahren weitere, für die eine Projektion notwendig ist.

3.3.1 3D-Beamer

Die Kennzeichnung *DLP 3D-Ready* oder *nVidia 3D Vision Ready* ist auf einigen Beamern seit Januar 2011 zu finden. Im Grunde bedeutet sie nur, das dieser Projektor Aktives 3D, also 120Hz darstellen kann. [www07]
Neben diesen gekennzeichneten Beamern kann nahezu jeder DLP- und CRT-Beamer (Röhrenbeamer) diese nötige Frequenz erreichen.
Röhrenbeamer funktionieren ähnlich wie Röhrenmonitore nach dem Prinzip der Braunschen Röhre und sind somit ebenso gut für *Active 3D* geeignet. Zusammen mit den Shutterbrillen werden sie in kleinen 3D Kinos gerne verwendet.

DLP-Beamer hingegen erzeugen ihr Bild über einen DMD (Digital Micromirror Devices) Chip. Dieser DMD-Chip besteht aus sehr vielen, bis zu 14 Mikrometer kleinen Spiegeln.
Bei einer Auflösung von 1024 x 768 Pixeln besitzt er knapp 7800000 Stück, welche ihren Winkel unabhängig voneineinander durch elektronische Impulse ändern können. Das von einer Lampe erzeuge Licht wird über einen Reflektor auf den DMD-Chip geworfen. Die Spiegel, welche in einem bestimmten Winkel stehen, reflektieren das Licht duch ein Objektiv auf die Leinwand. Abstufungen der Helligkeit werden duch sehr schnelles ”vibrieren”des jeweiligen Spiegels erreicht. Um farbige Bilder darstellen zu können, haben die gebräuchlichsten DLP-Beamer zwischen Reflektor und DMD-Chip ein Farbrad, welches mit bis zu 9000 U/min rotiert. Es enthält die drei Grundfarben der Additiven Farbmischung (Rot, Grün, Blau) und oft zusätzlich Weiß. Synchron zum Farbrad wird der DMD-CHip so angesteuert, dass er für jede Farbe das entsprechende Bild darstellt. Durch das schnelle Anzeigen der einfarbigen Bilder entsteht beim Betrachter durch die Trägheit des Sehorgans ein farbiges Gesamtbild. Manche Menschen können diesen störenden ”Regenbogeneffekt”, also den schnellen Wechsel der Farben, wahrnemen.

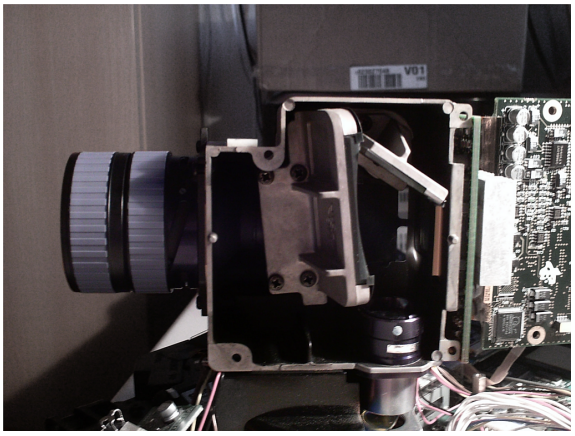

Abbildung 8: DLP-Beamer Leuchttunnel

Neben den 1-Chip DLP-Beamern gibt es auch einige, mit jeweils einem DMD-Chip pro Farbe (Rot, Grün, Blau). Bei diesen 3-Chip DLP-Beamern wird das Licht des Leuchtmittels über ein Prisma in die drei Grundfarben zerlegt, und über Spiegel auf den jeweiligen Chip und zuletzt in das Objektiv reflektiert (ähnlich den LCD-Beamern). Hierbei ist kein Farbrad nötig, sodass der Regenbogeneffekt nicht auftritt. Zudem entsteht durch den Motor des Farbrads kein störendes Summen. [www08]

Aufgrund dieser durch das Grundprinzip eines DLP-Beamers möglichen Darstellungsfrequenzen, sind diese für die Shuttertechnik sehr gut geeignet.

3.3.2 Interferenztechnik

Das Prinzip der Interferenzfiltertechnologie kommt bei *Dolby 3D* zum Einsatz. Das Licht zweier Projektoren wird jeweils in die Grundfarben Rot, Grün und Blau in leicht verschobene Wellenlängenbereiche getrennt.
Zum Beispiel für das Linke Auge: Rot: 629nm, Grün: 532nm, Blau: 446nm
und Rot: 615nm, Grün: 518nm, Blau: 432nm für das Rechte.
Durch die entsprechenden Interferenzfilter in den Brillen werden nur die passenden Wellenlängen durchgelassen. Somit bekommen beide Augen ein unterschiedliches Bild, welches aufgrund der verschobenen Wellenlängen leicht Farbverfälscht erscheint. Durch digitale Farbkorrekturen durch die Projektoren kann dem entgegengewirkt werden.
Anstatt zwei Projektoren kann auch ein einziger verwendet werden, bei dem im Lichtkanal ein Rad, ähnlich dem Farbrad eines 1-Chip DLP-Beamers, mit den beiden Interferenzfiltern sitzt. Der Beamer projiziert, wie bei der Shuttertechnik, sein Bild abwechseln. Synchron zur Bilddarstellung dreht sich das Interferenzfilterrad sodass beide Bilder in anderen Wellenlängenbereichen auf die Leinwand geworfen werden.

Der große Nachteil von Dolby 3D liegt neben der nötigen Lizens in der Anschaffung der Interferenzfilterbrillen. Die Herstellung solcher Interferenzfilter ist noch relativ aufwändig, wesswegen die Brillen in den Kinos nur ausgeliehen und mehrmals verwendet werden.
[www09]

3.3.3 Polarisation

Neben 3D-Polarisationsmonitoren (siehe 3.2.4) gibt es auch die Möglichkeit, die Bilder linear oder zirkular Polarisiert auf eine Leinwand zu werfen. Bei der einfachsten Variante werden zwei Projektoren verwendet, welche die beiden Perspektiven übereinander auf eine Leinwand projizieren. Vor die Obektive der Projektoren wird jeweils ein um 90 ° gedrehter linearer Filter positioniert. Die entsprechenden linearen Polfilterbrillen seperieren dann das polarisierte Licht, ähnlich wie bei den Polarisationsmonitoren. Lineare Polarisation bei der 3D-Technik hat allerdings den großen Nachteil, dass sobald der Betrachter seinen Kopf zu stark neigt die Trennung der Bilder teils verloren geht. Aufgrunddessen verwenden Kinos wie z.B. das CineStar für ihre 3D-Vorstellungen die zirkulare Polarisation, welche wie bei 3D-Monitoren mit unterschiedlich polarisierten Bildern eine Drehung des Kopfes erlaubt.
Allerdings hat diese Art der 3D-Projektion mit polarisiertem Licht den Nachteil, dass die Polarisation auf normalen Leinwänden nicht erhalten bleibt. Wer in einem 3D-Kino mit Polfilterbrillen nach dem Film einmal die Leinwand näher betracht hat wird festgestellt haben, dass sie leicht silber erscheint und deutlich stärker reflektiert. Die stärkere Reflexion entsteht durch eine Metallbeschichtung. Metall hat die Eigenschaft die Polarisation von reflektiertem Licht beizubehalten. Leider ist eine solche Silberleinwand der größte Kostenfaktor bei dieser Technik.

Wie bei der Interferenztechnik können die Filter auch an einem rotierenden Rad angebracht werden. Die Firma Masterimage bietet solch ein System an, welches vor dem Objektiv des Projektors platziert wird. Synchron zum Bildwechsel dreht sich das mit zirkularen Polfiltern bestückte Filterrad mit 4320 U/min. Da im Kino die Filme mit 24 Bildern pro Sekunde vorliegen, wird jedes Bild dreimal projiziert (”triple flash”). Insgesamt also 144 Bilder in jeder Sekunde für. Die Bilder erscheinen ebenso wie mit zwei Projektoren unterschiedlich zirkular Polarisiert auf der Leinwand.
[www11]

Abbildung 9: RealD Brille

Neben der Polarisation durch ein Polfilterrad können die pojezierten Bilder durch einen sogenannten ZScreen zirkular Polarisiert werden.
Solch ein ZScreen, wie er bei Systemen der Firma RealD zum Einsatz kommt, ist nichts weiter als ein elektrooptischer Modulator. Dieser ändert die Polarisation des durchfallenden Lichts. Durch Anlegen einer Spannung lässt sich die Polarisationsrichtung ändern.
Mit einem darauffolgenden $\lambda/4$-Filter werden die Bilder wieder unterschiedlich zirkular Polarisiert. [www12]

In Abbildung 9 ist eine RealD Brille zu sehen. Vor dem Objektiv der Kamera befindet sich ein zirkularer Polfilter. Da der Filter im rechten Brillenglas (hier links im Bild) das durchfallende Licht entgegengesetzt zirkular Polarisiert, erscheint er dunkel. Das linke Brillenglas entspricht der Polarisation des vor der Kamera befindlichen Filters und lässt somit das Licht durch.

4 Selbstbau

Da die zurzeit auf dem Markt vorhandenen Stereo 3D-Systeme noch recht teuer sind, wollte ich selbst einmal testen, wieviel Geld man tatsächlich für eine 3D-Projektion ausgeben muss.
Neben dem Anaglyphenverfahren, welches mit der Zeit seinen Reiz (aufgrund der in 3.2.1 genannten Nachteile) verliert, lässt sich mit etwas mehr Aufwand auch das Shutterverfahren (3.2.3) auf einem Röhrenbildschirm oder Beamer realisieren. Eine etwas kostenintensivere Variante ist die Projektion über zwei Beamer mithilfe von Polarisationsfiltern (siehe 3.3.3).

4.1 Shutter

Wer einen alten Röhrenmonitor besitzt, braucht nurnoch eine Shutterbrille.
Ich entschied mich für eine kabelgebundene Elsa Revelator (siehe Abbildung 6), welche im Gegensatz zu neueren Shutterbrillen schon ab 20 € erhältlich ist.
Die Elsa Revelator wird über einen im Lieferumfang enthaltenden Adapter an den VGA-Ausgang der Grafikkarte angeschlossen. Dadurch wird sie mit 5V Spannung versorgt und bekommt über einen nur von bestimmten NVidia Grafikkarten belegten Pin das Signal zum Verdunkeln der LC-Displays. Zudem unterstützen die aktuellen NVidia Grafikkartentreiber diese Technik nicht mehr, sodass ein veralteter Treiber installiert werden muss.
Um dennoch die Brille ohne spezielle Grafikkarte oder Treiber ”Shuttern” zu lassen, kann man das vertikale Snychronisationssignal zwischen Grafikkarte und Monitor abgreifen und über einen Flip-Flop der Brille das ”Links-Rechts Signal” zuführen.

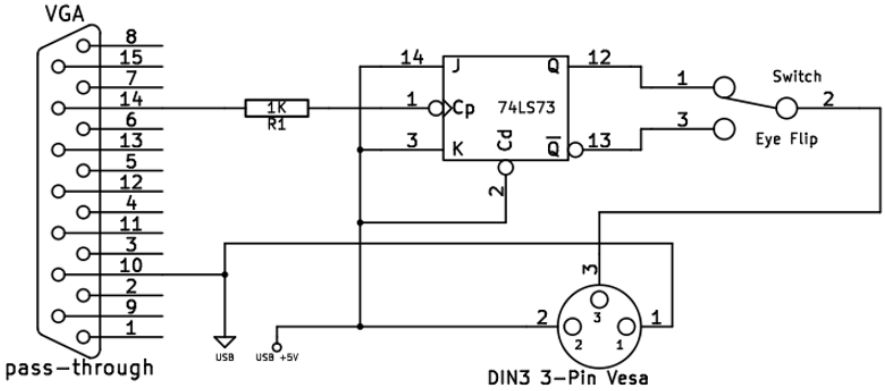

Abbildung 10: Schaltplan

Die Brille wird an Pin 2 des Vesa Steckers mit 5V Versorgt.
Zwischen Grafikkarte und Monitor wird Pin 10 (MASSE) mit Masse der 5V Spannungsquelle verbunden.
Pin 14 eines VGA-Anschlusses ist die vertikale Synchronisation (VSync), welche bei neuem Bildaufbau einen kurzen Impuls sendet. Der Flip-Flop wird durch diesen Impuls an Pin 1 (Clock) getaktet und schaltet somit den Ausgang Q (Pin 12), bzw. den invertierten Ausgang /Q (Pin 13) abwechselnd auf 0V und 5V welche wiederum die LCD’s der Brille entsprechend verdunkeln (z.B. 0V links verdunkelt, 5V rechts verdunkelt).

Über den Schalter kann zwischen dem invertierten bzw. nicht invertierten Signal umgeschaltet werden, falls die Bilder vertauscht dargestellt werden.
[www13]

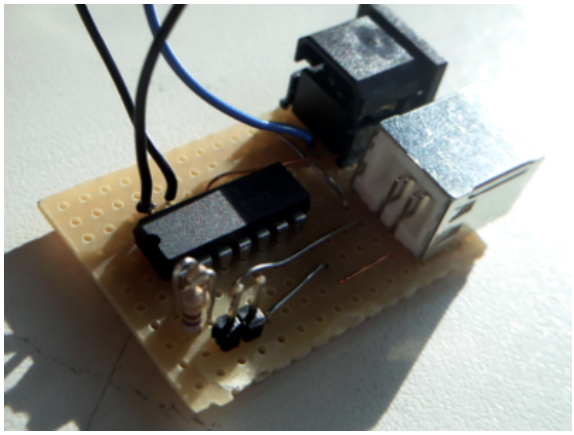

Abbildung 11: Adapterschaltung

In Abbildung 11 ist die fertige Schaltung zu sehen, welche ab einer Darstellungsfrequenz von etwa 70Hz die Brille "Shuttern" lässt.
Mithilfe des Stereoscopic Players (von Peter Wimmer) können 3D-Videos im "Pageflipping"-Modus Stereoskopisch dargestellt und durch entsprechende, meist exclusive Treiber könnnen auch viele 3D Anwendungen so betrieben werden.
Bis 100Hz ist dabei allerdings ein störendes Flackern wahrzunehmen.
Leider machen nicht alle Röhrenbildschirme, Röhrenbeamer oder DLP-Beamer und erst recht nicht TFT-LCD Flachbildschirme (ausgenommen 120-Hz TFT's) und LCD-Beamer solche Wiederholungsfrequenzen problemlos mit. Dadurch ist diese Methode nur bedingt einsetzbar.

4.2 Polarisation

Eine weitere, etwas teurere Variante stellt die Projektion der beiden Bilder durch zwei Beamer mit entsprechenden Polfiltern dar (siehe 3.3.3).
Es werden keine, oft problematische hohe Darstellungsfrequenzen, benötigt.
Da LCD-Beamer, wie auch TFT-LCD Bildschirme (siehe 3.2.4) linear vorpolarisiertes Licht ausstrahlen, können dort keine weiteren Filter vor den Objektiven platziert werden. Meist ist die Polarisation des grünen LCD durch Spiegelungen des Prismas im Beamer, welches die drei Bilder zu einem Farbigen vereint, um 90° zu dem Roten und Blauen gedreht.
Hierfür gibt es das StereoBright Verfahren. Dabei wird das Bild für das linke Auge von beiden Projektoren zusammengesetzt. Rot und Blau stellt der erste dar, Grün der zweite, welcher so aufgestellt ist, dass Grün die selbe Polarisationsrichtung wie Rot und Blau des ersten hat. Der Rot- und Blauanteil des Bildes für das rechte Auge wird somit vom zweiten Projektor mit dem Grünanteil des ersten dargestellt.
Der sehr große Nachteil dieses Verfahrens liegt eindeutig in der nötigen exakten Ausrichtung der Beamer.

Weitaus einfacher lassen sich die Bilder mit zwei DLP-Beamern Polarisieren, da sie keine Eigenpolarisation besitzen. Das ausgestrahle Licht lässt sich somit mit beliebigen Filtern polarisieren.

4.2.1 Beamer

Die größten Kosten entstehen durch die Beschaffung der zwei DLP-Beamer. Ersatzlampen kosten zudem pro Stück meist mehr als 100 €, wesswegen es sich durchaus lohnt die Originallampen durch günstigere Leuchtmittel zu ersetzen. Dazu ersteigerte ich zwei DLP-Beamer (Sharp Notevision GX-NV7XE und einen Infocus LP130) dessen Leuchtmittel defekt waren.

Abbildung 12: Reflektor und entfernter Brenner

Um eine neue Lampe in den Reflektor des Beamers einzubauen, musste der mit Gips befestige Originalbrenner entfernt werden (siehe Abbildung 12).
Das interne Elektronische Vorschaltgerät (EVG) kann für das neue Leuchtmittel nicht mehr verwendet werden, und liefert somit auch kein "OK-Signal" an die Hauptplatine.
Da ohne dieses Signal der Beamer sich nach kurzer Zeit selbst ausschaltet muss der Optkoppler auf dem EVG, welcher schaltet sobald die Lampe leuchtet, gefunden und überbrückt oder mit einem Schalter versehen werden.
In Abbildung 13 ist der entsprechende Optokoppler zu sehen. Pin 3 und 4 (also die Ausgänge) sind über ein Kabel mit der Hauptplatine verbunden.

Als alternatives Leuchtmittel entschied ich mich für Xenonlampen, wie sie auch in Autoscheinwerfern verbaut werden.
Das im Lieferumfang enthaltende EVG benötigt 12V Eingangsspannung und verbraucht im Betrieb maximal 5A (beim Zündvorgang bis zu 10A) und erzeugt die bei Xenonbrennern nötigen 23kV. Als Spannungsquelle dient ein PC-Netzteil, welches bei 12V bis 12A liefern kann. Da beide Xenon Lampen der Beamer nicht gleichzeitig zünden, werden maximal 15A benötigt was das Netzteil kurzzeitig verkraften kann.

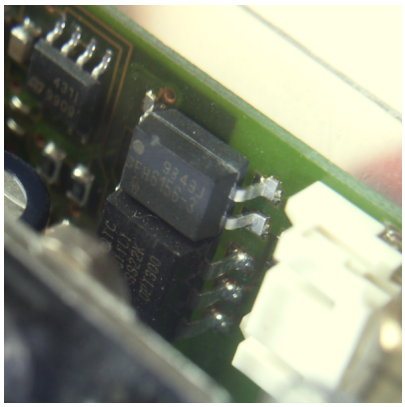

Abbildung 13: Optokoppler

Der Xenonbrenner kann nun anstelle des zuvor entfernten Brenners in den Reflektor geschoben werden.

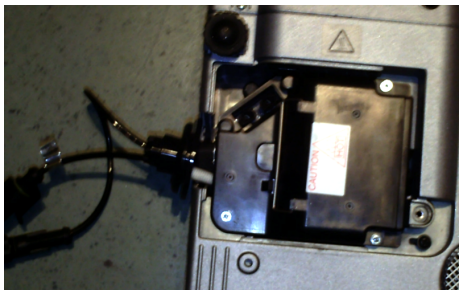

Abbildung 14: Xenonbrenner mit Lampenkäfig im Beamer

Dort wo der Lampenkasten eingesetzt wird hat der Sharp Notevision wenig Platz, sodass aufgrund der etwas längeren Xenonlampe das Gehäuse aufgesägt werden musste.
Somit war der Umbau des Beamers abgeschlossen.
Auf dieselbe Weise wurde der Infocus LP130 mit einer Xenonlampe versehen.

Nachdem beide Beamer einwandfrei funktionierten mussten sie untereinander kopfüber unter der Decke befestigt werden.
Dazu fertigte ich eine Halterung aus Aluminiumwinkeln, an welcher beide Beamer zusammen mit dem PC-Netzteil und den EVG's angebracht werden.
Über zwei Schalter können die EVG's und somit die Lampen in den Beamern per Hand ein- und ausgeschaltet werden.
Mit etwas Geduld lassen sich die Projezierten Bilder auf der Leinwand recht genau übereinander legen, was sehr wichtig für den späteren 3D-Effekt ist.
Nun fehlen an den Beamern nurnoch die Polarisationsfilter, um die Bilder in das entsprechende Auge zu "führen".

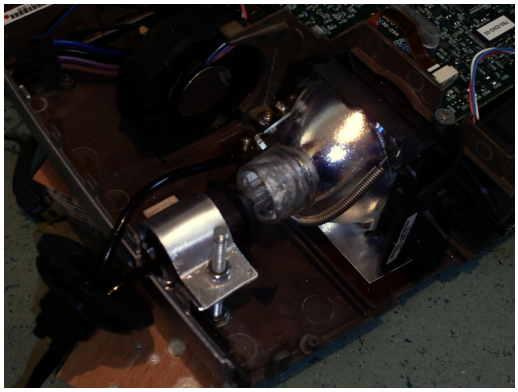

Abbildung 15: Xenonbrenner im Infocus LP130

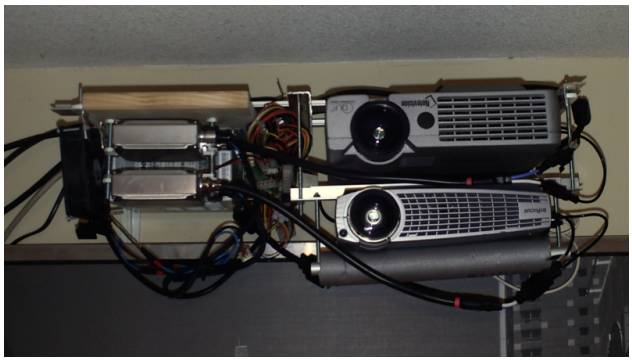

Abbildung 16: Wandhalterung

4.2.2 Polfilter

Als Polarisationsfilter boten sich die "Brillengläser" einer RealD Brille an.
Diese bestehen aus einem linearen Polfilter und einem $\lambda/4$-Filter welche zusammengeklebt in dem Gestell aus Plastik liegen.
Mit gezielter Gewalt lassen sich die Folien herausnehmen, welche ich mit ein wenig zurechtgebogenen Draht vor den Objektiven der Beamer befestigen konnte. Dabei muss darauf geachtet werden, den Filter richtig herum zu befestigen. Das Licht soll ers linear Polarisiert, und dann durch den Verzögerungsfilter in Drehung versetzt werden.

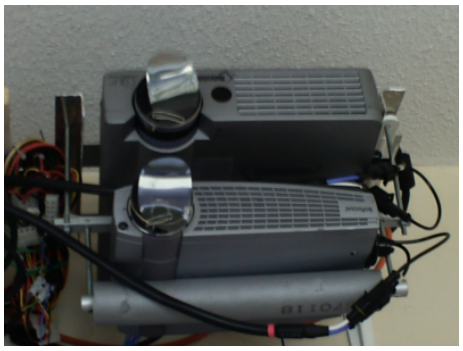

Abbildung 17: Polfilter vor Objektiven

Guckt man durch eine RealD Brille auf die Filter (wie in Abbildung 17), sollte mit jedem Auge nur ein Filter dunkler erscheinen.
Durch die Polfilter geht natürlich ein Teil des Lichts verlogen, womit das projezierte Bild dunkler als ohne Filter ist. Zudem sind Xenon Leuchmittel meist nicht so hell, wie die Originallampen der Beamer, wesswegen der Raum möglichst dunkel sein sollte.

4.2.3 Leinwand

Da nun die Bilder unterschiedlich zirkular polarisiert projiziert werden, muss nur noch die Polarisation auf der Leinwand erhalten bleiben. Neben teuren Silberleinwänden lassen sich auch normale Leinwände oder Stoffe mit reinem Aluminiumspray oder Aluminiumlack besprühen oder lackieren. Das Aluminium als Metall reflektiert das auftreffende Licht so, dass die Polarisation nahezu vollständig erhalten bleibt.
Ich verwendete einen metallbeschichteten Polyesterstoff, welcher als Sonnenschirm-Stoff angeboten wurde.
Um zu testen, ob die Leinwand geeignet ist, projizierte ich zwei verschiedene Bilder. In Abbildung 18 sind ohne Brille die beiden Wörter (Left, Right) übereinander zu erkennen. Durch die Filter der Brille ist nur noch der entsprechende Text zu sehen, da dieser passend zum Filter in der Brille polarisiert ist.
Somit ist die Leinwand zur 3D-Projektion geeignet.

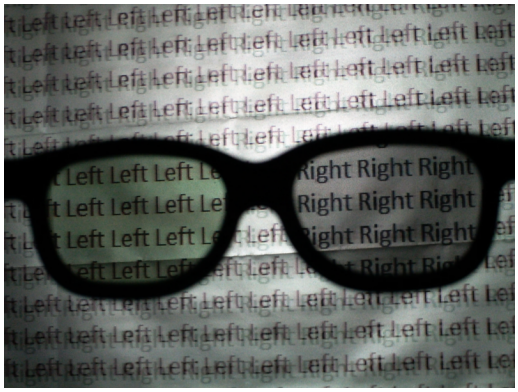

Abbildung 18: Polarisationstest der Leinwand

4.2.4 Ergebnis

Insgesamt funktioniert die 3D-Darstellung mit diesem Selbstbau für einen solchen erstaunlich gut. Der Preis von insgesamt knapp 200 € ist im Gegensatz zu fertigen Systemen erstaunlich gering. Leider sind die zwei DLP-Beamer aufgrund der Farbräder und nötigen Lüfter zusammen sehr laut.
Mit zwei möglichst gleichen Kameras lassen sich zudem mit etwas Geschick Stereofotos und Videos erstellen.
Alles in Allem ein gelungenes Projekt, welches es erlaubt 3D auch Zuhause für wenig Geld zu genießen.

5 Fazit

Die Technik zur dreidimensionalen Darstellung von Bildern ist noch sehr jung und ausbaufähig. In Zukunft werden die Verfahren immer mehr verbessert, sodass auch die Herstellung solcher Systeme steigt und der Preis für private Anwender akzeptabel wird. Parallel dazu steigt die Erfahung in der Produktion der Filme. Schon jetzt gibt es Stereo 3D Material als Bluray vereinzelt zu kaufen. Spiele können schon heute am PC mit entsprechenden Treibern oder auf Konsolen wie z.B. dem Nintendo 3DS in der 3. Dimension gespielt werden.
So langsam erkennen viele Hersteller und Firmen, wie sehr 3D in Zukunft eine Rolle spielen wird und richten sich langsam auf diese Technik ein. Ein Beispiel hierfür ist Google Streetview, welches die Bilder schon jetzt mithilfe eines Pseudo ”3D-Effekts” durch vorhandene Tiefeninformationen in Farbanaglyphen darstellen kann.
Am ehesten wird es wahrscheinlich die Shuttertechnik mit ihren 120-Hertz Flachbildschirmen in die privaten Haushalte schaffen, da der Preis solcher im Vergleich zu Polarisationsmonitoren geringer ist. Ob es bei den aktuellen Verfahren zur Trennung der Bilder bleibt oder sogar neue Möglichkeiten gefunden werden wird sich noch zeigen.
Klar ist: 3D hat Potential für die Zukunft.

Literaturverzeichnis

[www01] http://www.kinofenster.de/filmeundthemen/archivdossiers/dossier_stereoskopie_die_dritte_dimension_im_kino/3d_kino_geschichte_und_zukunft/

[www02] http://de.wikipedia.org/wiki/Stereoskopie

[www03] http://www.slashcam.de/artikel/Grundlagen/Stereoskopisches-3D-Glossar.html

[www04] http://de.wikipedia.org/wiki/Anaglyphen

[www05] http://www.olpe-jena.net/fileadmin/Inhalt/Referenzen/Sicherheit/3DMonitor_ohne_Brille.pdf

[www06] http://www.nintendo.de/NOE/de_DE/nintendo_3ds_23802.html

[www07] http://www.beamer-discount.de/beamer_nach_anwendungsgebieten/beamer_ready-c-439_1028.html

[www08] http://www.projektoren-datenbank.com/dlp.htm

[www09] http://www.3d-kinobrille.ch/3d-techniken/dolby-3d.html

[www10] http://www.windows-tweaks.info/html/tft-technik.html

[www11] http://masterimage3d.com/products/cinema-system

[www12] http://en.wikipedia.org/wiki/RealD_Cinema

[www13] http://www.int03.co.uk/crema/hardware/stereo/

[digi11] UlrichSchmidt,2011CarlHanserVerlagMnchen, DigitaleFilm-undVideotechnik3.Auflage

[ster65] Dr.OttoVierling,1965,WissenschaftlicheVerlagsgesellschaftmbhS DieStereoskopieinderPhotographieundKinematographieBand5

Verwendete Programme

- TeXworks
- GIMP
- KiCad

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis aufgeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle verwendeten Grafiken und Bilder unterliegen keinen Rechten Dritter.