HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

BACHELORARBEIT

Fakultät Medien

Jens Dacke

Die Probleme des modernen 3D-Films und die Möglichkeiten, diese zu minimieren.

Solutions for minimizing errors in state-of-the-art 3D cinematography.

Mittweida - 2011

Jens Dacke

Die Probleme des modernen 3D-Films und die Möglichkeiten, diese zu minimieren.

eingereicht als

BACHELORARBEIT

Studiengang:
Medientechnik

Seminargruppe:
MT07w1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer:
Prof. Dipl.-Kaufm. Günther Graßau

Mittweida, Februar 2011

Dacke, Jens:
Die Probleme des modernen 3D-Films und die Möglichkeiten, diese zu minimieren. - 2011 - 58
Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fakultät Medien, Bachelorarbeit

Referat

Die vorliegende Bachelorarbeit behandelt die Probleme des modernen 3D-Films, die beim Menschen zu Störungen wie Schwindel, Kopfschmerzen, Übelkeit oder sogar Erbrechen führen können. Ziel der Arbeit ist es, eine fundierte Quelle mit hilfreichen Informationen für 3D-Filmemacher zu schaffen. Um dies zu erreichen, wurden die gängigsten Ursachen der Probleme ermittelt und strukturell erläutert.

Damit man diese Ursachen besser versteht, wird zuerst ein medizinischer Exkurs in die Anatomie des menschlichen Auges und die räumliche Wahrnehmung unternommen. Danach beschreibt die Arbeit den geschichtlichen Hintergrund der stereoskopischen Aufnahmen und gleitet über in die aktuellen Techniken der Stereoskopie sowie ihrer Vor- und Nachteile für den Betrachter.

Die eigentlichen Probleme werden in den letzten Kapiteln erläutert. Es wird darauf eingegangen, wie man diese aus gestalterischer und technischer Sicht minimieren oder sogar ganz verhindern kann. Zudem wird eine mögliche Entwicklung des 3D-Films in der Zukunft beschrieben.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis V
Vorwort / Danksagung VII
Einleitung VIII

1. Die räumliche Wahrnehmung des menschlichen Auges 9
1.1. Der Aufbau des Auges 9
1.2. Die räumliche Wahrnehmung 11
1.3. Die Individualität des Menschen 15

2. Der geschichtliche Hintergrund der Stereoskopie 16

3. Die moderne 3D-Technik 18
3.1. Stereoskopische Kamerasysteme 18
3.2. Der Weg auf die Leinwand 21
3.2.1. Polarisationstechnologie 21
3.2.2. Shutter-Verfahren 23
3.2.3. Interferenzfiltertechnologie 24
3.2.4. Autostereoskopie 26

4. Die Probleme 28
4.1. Die Schärfentiefe 28
4.2. Konflikt zwischen Konvergenz und Fokus 32
4.3. Das Gesichtsfeld des Menschen 33
4.4. Anforderungen an den Betrachter 35
4.4.1. Die Betrachtungsposition 35
4.4.2. Der Betrachtungsraum 37
4.4.3. Die Betrachtungsquelle 38
4.5. Der falsche Tiefeneindruck 42
4.6. Einschränkungen durch Hilfsmittel 43
4.7. Die Vision des Regisseurs 44

5. Ausblick und Fazit 48

Literaturverzeichnis LI
Selbstständigkeitserklärung LVIII

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: Schematischer Querschnitt des rechten Auges von oben 10

Abbildung 2: Das binokulare Sehen anhand von zwei Objekten 12

Abbildung 3: Die Schatten der Körper geben Hinweise auf ihre Position 13

Abbildung 4: Der Aufbau eines Stereorigs mit Ansicht von oben 18

Abbildung 5: Der Aufbau des Spiegelrigs mit Ansicht von der Seite 19

Abbildung 6: Das Verfahren des 3D-Objektivs mit Ansicht von oben 20

Abbildung 7: Das polarisierte Licht strömt durch die Polarisationsfilter der Brille 22

Abbildung 8: Das Shutter-Verfahren verdunkelt abwechselnd die Augen 24

Abbildung 9: Die Interferenzfilter trennen das rechte und linke Bild durch leichte Änderungen der Wellenlängen 25

Abbildung 10: Ein autostereoskopisches Verfahren mit einer Linsenleinwand 27

Abbildung 11: Die Technik von „Deep focus cinematography“ im Film „Citizen Kane“ von 1941 ermöglicht eine große Schärfentiefe 30

Abbildung 12: Vorder- und Hintergrund wurden in dieser Szene getrennt voneinander aufgezeichnet und digital zusammengefügt 31

Abbildung 13: Der Konflikt zwischen realer Welt und 3D-Display 32

Abbildung 14: Die Ausdehnung des Gesichtsfeld beim gesunden Menschen 34

Abbildung 15: Die i-PR Pixel ersetzen störende Folien auf dem Display 39

Abbildung 16: Die Nachleuchtzeiten werden mit abnehmender Impulslänge der Graustufen kürzer 40

Abbildung 17: Die Schärfe verlagert sich von der Menschengruppe auf das Spinnennetz 45

Abbildung 18: Der Gesprächspartner wird angeschnitten dargestellt 46

Tabellen

Tabelle 1: Der Abstand zum Fernseher verringert sich im 3D-Betrieb 36

Vorwort / Danksagung

Die aktuelle Entwicklung und der neue Boom um die 3D-Technik, auch im Heimbereich, erreicht neue Dimensionen. Und trotz des großen Andrangs ist es eine der umstrittensten Techniken, die es derzeit auf dem Markt gibt. Vor allem die Skepsis einiger Forscher, sowie die Beschwerden vieler Kinogänger, hat mich dazu bewogen, auf die Probleme der modernen 3D-Technik näher einzugehen. Wie kann man also diese Probleme minimieren oder sogar ganz beseitigen?

Mein Ziel ist es, mit dieser Arbeit eine fundierte Quelle an Informationen zu schaffen, die zukünftigen 3D-Filmemachern hilft, ein beschwerdefreies Erlebnis für den Betrachter zu fertigen. Dabei werden nicht nur die technischen, sondern auch gestalterischen Möglichkeiten erläutert. Zudem soll die Arbeit ein Nachschlagewerk für interessierte 3D-Fans darstellen.

Den Anstoß zu dieser Thematik gab mir mein sehr hilfreicher Professor Dr.-Ing. Rainer Zschockelt. Ihm habe ich neue Anregungen und Blickwinkel zu verdanken, um diese Problematik näher zu untersuchen. Er half mir schnell und konkret, wenn ich ins stocken geriet. Weiterhin möchte ich meinem medizinischen Berater Dr. med. Michael Drzimalla danken, da er mir ausführlich die räumliche Wahrnehmung des Menschen näher brachte und meine Ausarbeitungen auf Richtigkeit geprüft hat. Als letztes möchte ich meiner Familie danken, die mich stets unterstützt hat und mir bei allen Belangen, in dieser Schaffenszeit, zur Seite stand, fertige Textteile lektorierte und stets Geduld übte.

Einleitung

Seit James Cameron mit dem Film „Avatar" der 3D-Technik zum neuen Glanz verhalf, ist die Stereoskopie aus keinem Kino mehr wegzudenken. Immer mehr Produktionen werden parallel in 2D und 3D angeboten. Viele Filme wurden sogar nachträglich in 3D konvertiert um auf den Zug des Erfolgs aufspringen zu können. Und wieder andere Filme werden nur noch in 3D angeboten. Der 3D-Boom weitet sich auf die Heime der Anwender aus und versetzt die Zuschauer in eine neue Dimension der Unterhaltung.

Doch mit neuen Innovationen kommen meist auch Kinderkrankheiten, die zuerst beseitigt werden müssen. Leider verpassen einige Produktionen die Möglichkeiten, diese Probleme zu erkennen und zu minimieren. Allen voran ärgern sich die meisten der Betroffenen über die Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen, Schwindel oder Übelkeit. Die neudeutsch genannte „3D-Sickness" wird oft durch ungewohnte und falsche räumliche Eindrücke hervorgerufen. Schon in den 50er Jahren wurde die Stereoskopie in über 40 Filmen umgesetzt und begeistert von den Zuschauern besucht. Jedoch war die Technik nicht ausgereift und musste zusätzlich mit dem Farbfernsehen konkurrieren und verlor wieder an Ansehen.[1] Damit der Ansturm auf die moderne Technik nicht erneut ein vorzeitiges Ende findet müssen die Filmemacher einiges beachten, damit die Zuschauer die 3D-Filme genießen können.

Die vorliegende Arbeit wird zuerst die räumliche Wahrnehmung der Augen näher erklären und die Individualität des Menschen hervorheben. Bevor die moderne 3D-Technik näher beschrieben wird, findet ein Exkurs in die Geschichte der Stereoskopie statt, um dann auf die bekanntesten Probleme der 3D-Technik einzugehen. Darunter zählen die korrekte Schärfentiefe und die Einhaltung der Regeln von Konvergenz und Fokus. Außerdem wird auf das Sehfeld des Menschen eingegangen und welche Anforderungen an den Betrachter bestehen. Auch der falsche Tiefeneindruck einer 2D-Leinwand wird näher beschrieben sowie die Kontroverse zwischen den 2D-Stilmitteln und den Einschränkungen, die durch den 3D-Film entstehen.

Abschließen wird die Arbeit mit einem Ausblick in die Zukunft der Stereoskopie und wie diese erweitert werden könnte. Dabei geht es weniger um die normale 3D-Technik, sondern vielmehr um aufstrebende Verfahren wie Holografien oder Volumendisplays.

---

[1] vgl. Janssen 2008, 72

1. Die räumliche Wahrnehmung des menschlichen Auges

Bevor wir uns mit den Problemen der 3D-Technik beschäftigen können, ist es notwendig, sich näher mit der räumlichen Wahrnehmung des menschlichen Auges zu befassen. Einige Probleme, wie Kopfschmerzen oder Schwindel, die beim Betrachten von 3D-Filmen auftreten, rühren daher, dass das menschliche Auge angeborene Eigenschaften und Reflexe besitzt, die mit der bisherigen 3D-Technik nicht harmonieren. Einige Verfahren versuchen diese Eigenschaften zu verringern, scheitern meist aber an der Individualität eines jeden Menschen.

1.1. Der Aufbau des Auges

Beide Augen des Menschen liegen zum Schutz vor äußeren Einflüssen in zwei symmetrisch angeordneten knöchernen Augenhöhlen des Schädels[2]. Der Durchmesser des Auges beträgt etwa 24mm [3]. Der Querschnitt durch das menschliche Auge ist in Abbildung 1 erkennbar. Der Augapfel stellt einen nahezu kugelrunden, von drei Häuten eingeschlossenen Körper dar. Innen ist er mit der Netzhaut, auch Retina genannt, ausgekleidet. Außen umhüllt ihn die Lederhaut, die nach vorn in die etwas dickere und durchsichtige Hornhaut übergeht. Zwischen der Leder- und Netzhaut liegt die blutgefäßreiche mittlere Aderhaut. Diese setzt sich in Richtung der Hornhaut zu dem Strahlenkörper fort, an dessen Linsenmuskeln die Augenlinse aufgehängt ist. Noch weiter nach vorn geht die Adernhaut in die Iris über. Diese ist hinter der Hornhaut sichtbar und in der Mitte befindet sich das Sehloch welches allgemein als Pupille bekannt ist.[4]

Die Pupille lässt sich je nach Lichteinfall in ihrem Durchmesser zwischen 1,5 und 8 mm verändern. Dies gelingt durch die reflexartige Ausdehnung oder Verjüngung der Iris. Dadurch übernimmt die Iris wie bei der Kamera die Funktion einer Blende und schützt die Netzhaut vor Schäden durch zu viel Lichteinfall. Die Anpassung der Iris an verschiedene Helligkeiten heißt Adaption.[5]

---

[2] vgl. Pietsch 1958, 28
[3] vgl. Schmidt 2009, 21
[4] vgl. Pietsch 1958, 29
[5] vgl. Schmidt 2009, 21

Die Linse des Auges teilt das Innere des Augapfels in den Glaskörper, der eine von der Glaskörperhaut umschlossene transparente Masse enthält und in die vordere Augenkammer, welche mit dem Augenwasser, einer Lymphflüssigkeit, gefüllt ist und ebenfalls wie eine Linse arbeitet. Damit unterschiedlich entfernte Gegenstände scharf auf der Netzhaut abgebildet werden können, verändern die Linsenmuskeln die Form der Augenlinse und strecken diese (entferntere Objekte scharf) oder drücken sie zusammen (nähere Objekte scharf). Diesen Vorgang nennt man Akkommodation.[6]

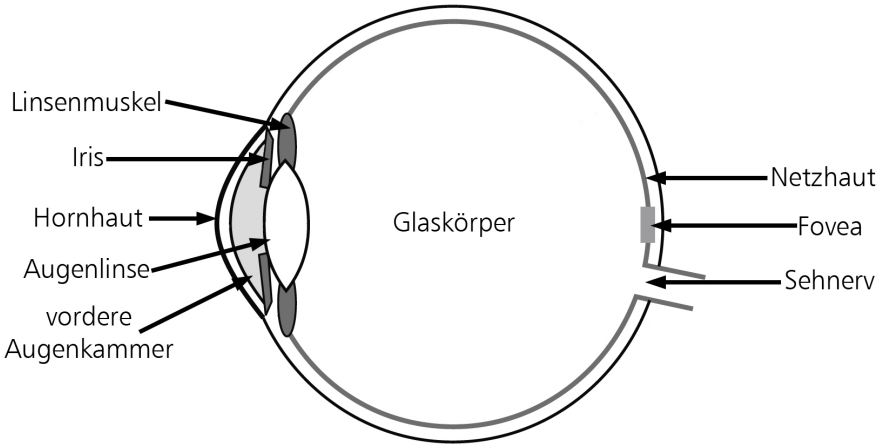

Abb. 1: Schematischer Querschnitt des rechten Auges von oben[7]

Der wichtigste Teil des Auges ist die Netzhaut, welche aus einer großen Menge winziger Sehzellen aus lichtempfindlicher Zäpfchen und farbempfindlicher Stäbchen besteht[8]. Auf ihr befindet sich der Punkt des schärfsten Sehens, die Fovea. Auch wenn dieser Punkt sehr klein ist, kann der Mensch trotzdem einen größeren Bereich scharf sehen. Für jede neue Blickrichtung die zur Abtastung des Bildes gemacht wird, akkommodiert und adaptiert sich das Auge ständig und erzeugt so einen größeren scharfen Gesamteindruck. Die Abtastung und Gedächtnisleistung des Gehirns machen das möglich.[9]

[6] vgl. Schmidt 2009, 21
[7] in Anlehnung an Schmidt 2009 , 21
[8] vgl. Pietsch 1958, 29
[9] vgl. Schmidt 2009, 21

Der Sehnerv enthält weder Zäpfchen noch Stäbchen und ist als „Blinder Fleck" bekannt, auf dem kein Bildeindruck entsteht. Er leitet die Reize der Netzhaut zum Zentralnervensystem und dem Gehirn weiter. Das Gehirn interpoliert das Bild an dieser Stelle durch Informationen aus benachbarten Sehzellen und dem gegenüberliegendem Auge, welches kein deckungsgleiches Bild liefert. Dadurch nimmt der Mensch diesen Fleck nicht wahr.[10]

Die Bilderzeugung erfolgt auf der Netzhaut. Das Licht, welches vom betrachteten Objekt ausgeht, durchdringt zuerst die Hornhaut und fällt dann durch die Pupille. Weiter durchdringt das Licht die Augenlinse und trifft auf dem Kopf stehend und seitenverkehrt auf die Netzhaut. Als brechende Medien wirken dabei die Hornhaut und die Linse sowie die Flüssigkeit in der vorderen Augenkammer und der Glaskörper. Somit ist das Auge mit einem optischen System vergleichbar. Nach der Weitergabe an das Gehirn wird das Abbild des Objekts aufrecht und seitenrichtig vom Menschen wahrgenommen.[11]

1.2. Die räumliche Wahrnehmung

Die räumliche Wahrnehmung erfolgt auf vielerlei Wegen. Der wohl wichtigste ist das binokulare Sehen, was das Sehen mit zwei Augen bedeutet. Aufgrund ihres Abstandes zueinander liefern die Augen zwei in der Perspektive verschiedene Ansichten eines fixierten Objekts. Das Gehirn bildet aus den beiden zweidimensionalen Bildern ein verschmolzenes dreidimensionales Bild, welches die Raumtiefe repräsentiert. In Abbildung 2 findet die Fixierung von Objekt 1 mit beiden Augen statt. Zwischen den beiden Blickachsen entsteht dann der Konvergenzwinkel anhand dessen das Gehirn Informationen über die Entfernung erhält. Es nutzt dabei die Informationen aus der Anspannung der Augenmuskulatur, die zur Fixierung nötig ist.

Der von beiden Augen fixierte Punkt am Objekt 1 wird nicht zweimal gesehen. Beide Punkte werden vom Gehirn fusioniert. Alle weiteren Punkte, die ebenfalls fusionieren nennt man korrespondierende Punkte. Dagegen ist es nicht möglich die anderen Objektpunkte, die in der Tiefe des Raumes getrennt sind, zu fusionieren. Diese Punkte erzeugen in beiden Augen aufgrund ihrer Position relativ verschiedene Informationen zum fixierten Punkt. Hier spricht man von der retinalen Disparität. Das Gehirn erhält aus der Winkeldifferenz beider Augen die Tiefenordnung der Punkte und nutzt auch diese Information

[10] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.a

[11] vgl. Pietsch 1958, 29

zur Bestimmung der Positionen der beiden Objekte.[12] Abbildung 2 veranschaulicht das binokulare Sehen anhand zweier Objekte. Die Ansicht erfolgt von oben. Objekt 1 wird von Objekt 2 teilweise verdeckt. Die Blickachsen zeigen den Konvergenzwinkel und die retinale Disparität.

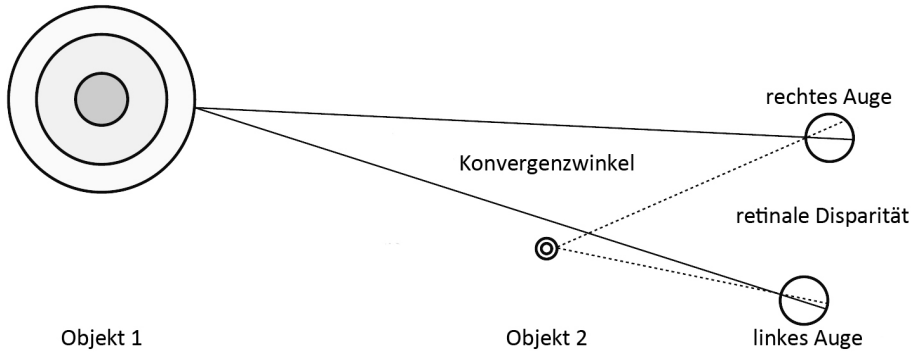

Abb. 2: Das binokulare Sehen anhand von zwei Objekten[13]

Zu den Raumwahrnehmungen, die sich aus dem binokularen Sehen ergeben, kommen die Tiefenhinweise, die das Gehirn auch mit nur einem Auge erfassen kann, also dem monokularen Sehen. Jeder kennt den Effekt, das sich parallel verlaufende Linien verjüngen, wenn sie sich vom Betrachtungspunkt entfernen. Je nachdem wie wir auf ein Objekt schauen, kann es bis zu drei Fluchtpunkte geben. Maler benutzen diese Erkenntnis um ihren Bildern ein reales Aussehen zu geben indem sie sich an den vorher festgelegten Fluchtpunkten orientieren. Der Mensch hat im Laufe seines Lebens gelernt, dass bestimmte Gegenstände oder Objekte der Natur eine einheitliche Größe haben.

Niemand würde denken, dass ein Hase größer ist als ein Einfamilienhaus. Daher ist es logisch, dass der Hase, sofern er größer erscheint als das Haus, im Raum weiter vorne platziert sein muss. Anhand dieser Erkenntnisse aus bekannten Größen kann das Gehirn Entfernungen besser abschätzen. Dieser Tiefenhinweis wird relative Größe genannt. Hinzu kommen die Hinweise, die sich aus der Verdeckung ergeben. Wenn nun der Hase das Haus teilweise oder ganz verdeckt, haben wir schon zwei Hinweise dafür, dass sich das Haus im Raum weiter hinten befinden muss.[14]

---

[12] vgl. Schmidt 2009, 26-27

[13] in Anlehnung an Schmidt 2009 , 27

[14] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.b

Auch die Größenkonstanz kann hilfreich sein. Der Mensch hat gelernt, dass ein Objekt nicht innerhalb von Sekunden die Größe ändern kann. Daher erscheint uns ein kleineres, identisches Objekt als weiter entfernt im Raum. Einen weiteren Hinweis zieht das Gehirn aus dem Schatten. Ein Objekt erscheint als in der Luft schwebend, wenn der Schatten nicht direkt am Objekt beginnt sondern ohne sichtbaren Ausgangspunkt auf den Boden fällt. Beginnt der Schatten jedoch direkt am Objekt so kann man davon ausgehen, dass es auf dem Boden steht, auf dem sich auch der Schatten befindet. Noch mehr Hinweise liefert der Schlagschatten. Bei ihm handelt es sich um den Schatten, der auf benachbarte Objekte fällt. Somit erscheinen Objekte, die von einem Schatten eines anderen Objekts verdeckt werden, als weiter hinten, da das Gehirn im Zweifelsfalle immer davon ausgeht, dass das Licht von links oben kommt.[15]

Abbildung 3 zeigt, dass sich der blaue Quader scheinbar auf dem Boden stehend und wegen des Schlagschattens vor dem roten Quader befindet. Zudem scheint der rote Quader in der Luft zu schweben, da sich der Ursprung seines Schattens nicht am Quader selbst befindet.

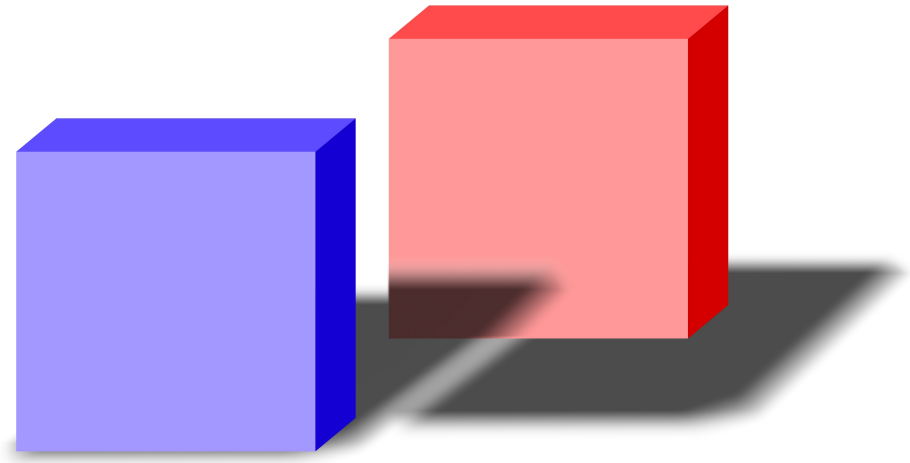

Abb. 3: Die Schatten der Körper geben Hinweise auf ihre Position

[15] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.b

Der nächste Hinweis ergibt sich aus der Luftperspektive. Weit entfernte Objekte werden vom Menschen unschärfer und meist bläulich gesehen. Kleinste Partikel wie Sand und Staub trüben das Sonnenlicht und das Licht, das von den Objekten reflektiert wird. Berge, die weit entfernt sind wirken somit blasser als ein nah stehender Baum.

Die beiden letzten Hinweise der Raumwahrnehmung ergeben sich nur bei Bewegung. Dazu gehören die Bewegungsparallaxe und der Pulfrich-Effekt. Jeder kennt das Phänomen der Bewegungsparallaxe, das man sieht, wenn man beispielsweise in einem fahrenden Auto oder Zug sitzt. Schaut man aus dem Seitenfenster erscheint es einem, dass nah gelegene Objekte schneller an einem vorbeiziehen, als weit entfernte. Objekte, die nah am Horizont liegen, scheinen sich sogar mit der eigenen Fahrtrichtung zu bewegen. Wegen diesem Effekt, bekommt das Gehirn Informationen über den Standort der Objekte in der Tiefe.[16]

Der Pulfrich-Effekt wurde vom deutschen Physiker Carl Pulfrich entdeckt. Er fand heraus, dass dunkle optische Reize etwas mehr Zeit benötigen, um vom Gehirn wahrgenommen zu werden, als helle. Wenn man nun ein sich seitwärts bewegendes Objekt mit beiden Augen betrachtet, wobei ein Auge beispielsweise mit einer Sonnenbrille abgedunkelt ist, kommt das Bild des abgedunkelten Auges etwas später zum Gehirn. Durch diesen kleinen Zeitunterschied nimmt das Gehirn zwei verschiedene Positionen des Objekts wahr und ermittelt aus dieser scheinbaren Parallaxe eine räumliche Tiefeninformation, die gar nicht existiert.[17]

Der Mensch ermittelt also anhand mehrerer Umstände die genaue Position eines Objekts im Raum. Jedoch kann es bei diesen Hinweisen auch zu Täuschungen kommen, wenn die Informationen nicht mit den vom Gehirn erlernten Fähigkeiten übereinstimmen. Diese Phänomene sind als optische Täuschungen bekannt und lösen sich erst auf, wenn beispielsweise der Betrachtungswinkel oder die Betrachtungsposition gewechselt wird.

[16] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.b

[17] vgl. Schmidt 2009, 27-28

1.3. Die Individualität des Menschen

Wie der Mensch letztlich die Räumlichkeit wahrnimmt, hängt davon ab, wie er es als Kleinkind gelernt hat. Für das räumliche Sehen existieren keine Regeln oder DIN-Normen auf die der Körper zurückgreifen könnte. Bestimmt jeder konnte schon beobachten, wie ein Kleinkind versucht hat, nach etwas zu greifen, was einige Meter weit weg stand. Der Körper muss alle motorischen Abläufe erlernen und bekommt diese nicht in die Wiege gelegt. So auch die Raumwahrnehmung.

Bis zum sechsten Lebensjahr entwickelt sich das Sehsystem und damit auch das räumliche Sehen. Danach geht die Lernfähigkeit des visuellen Systems verloren. Wenn das Kind zum Beispiel schielen sollte, sind die Sehachsen der Augen nicht auf den selben Punkt fixiert. Das führt dazu, dass das schielende Auge mit der Zeit vom Gehirn ausgeblendet wird, damit es nicht zu Sehstörungen kommt. Zudem erlangt das kranke Auge nicht die normale Sehkraft. Wird das Schielen nicht rechtzeitig behandelt ist es für den Menschen nicht mehr möglich echte räumliche Tiefe wahrzunehmen.[18] Der Mensch erlernt anhand der monokularen Tiefeninformationen wie Schatten oder Verdeckung, die Entfernung von Objekten abzuschätzen.

Auch gesunde Menschen können ihre räumliche Wahrnehmung wieder verlieren, sollten sie auf einem Auge erblinden oder durch einen Unfall ein Auge verlieren. Wie viele Menschen davon letztlich betroffen sind, ist unklar. Jedoch sind etwa fünf Prozent der deutschen Bevölkerung von einem krankhaften Schielen betroffen[19]. Das entspricht einer Anzahl von etwas über vier Millionen Menschen. Zusammengenommen mit den Menschen, die durch andere Umstände nicht räumlich Sehen können, kommt es zu einer beachtlichen Menge an Menschen in Deutschland, die gar nicht in der Lage sind, einen 3D-Film problemlos betrachten zu können. Aber auch bei gesunden Menschen kann es zu Problemen kommen, wenn beispielsweise der Augenabstand stark von dem Durchschnitt abweicht, der im 3D-Film verwendet wird. So kommt es zu einem Raumeindruck, den der Mensch so nicht kennt. Das Gehirn muss sich darauf einstellen, was durch die erhöhte Konzentration auch zu Kopfschmerzen, Schwindel oder Übelkeit führen kann.

---

[18] vgl. OcuNet.de (Hrsg.) o.J.

[19] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.c

2. Der geschichtliche Hintergrund der Stereoskopie

Der englische Physiker Charles Wheatstone veröffentlichte schon am 21. Juni 1838 seine ersten Forschungsergebnisse über räumliches Sehen vor der Royal Society in London. Er fand heraus, dass die zwei unterschiedlichen Teilbilder, die beim räumlichen Sehen in jedem Auge erzeugt werden, auch künstlich hergestellt werden können. Er erfand das Spiegelstereoskop, mit dem man die zweidimensionalen Teilbilder dreidimensional betrachten konnte.

Nur ein Jahr später, am 19. August 1839, war es Louis Daguerre, der in der Akademie der Wissenschaften zu Paris das Daguerresche Verfahren zur Gewinnung fotografischer Bilder auf Silberschichten öffentlich bekannt gab. Dadurch lag es nahe, die bisher nur gezeichneten Bilder auf fotografischem Wege zu erzeugen. Der schottische Physiker Sir David Brewster erfand daraufhin 1849 die erste Zweiobjektiv-Kamera, und schuf damit eine einfache Möglichkeit für Amateure stereoskopische Bilder zu erzeugen. Brewster gilt seither als Erfinder der Stereofotografie.[20]

Jedoch flachte die Euphorie über die Stereoskopie ab, da allgemein gültige Meinungen davon überzeugt waren, dass die zur Aufnahme verwendeten Objektive weiter auseinander gestellt werden müssten, als es der natürliche Augenabstand von „durchschnittlich 60-65 Millimeter"[21] vorgibt. Das dadurch stark verzerrte Bild wirkte unnatürlich und wurde in einer „kaum erträglichen fantastischen Überplastik"[22] wiedergegeben. Dadurch traten „infolge der hierdurch erzwungenen Sehstrahlendivergenz besonders bei längerer Betrachtung von Bildserien quälende und Kopfschmerzen verursachende Verschmelzungsstörungen auf"[23].

Auch die Entwicklung des noch heute bekannten Anaglyphen-Verfahren im Jahre 1853 von Wilhelm Rollmann konnte den Verfall der Stereoskopie nicht aufhalten. Anders als beim Nachfolger wurden bei diesem Verfahren die beiden Teilbilder in die Komplementärfarben Rot und Grün eingefärbt und übereinander abgedruckt.

---

[20] vgl. Pietsch 1958, 11-18

[21] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.d

[22] Pietsch 1958, 14

[23] Pietsch 1958, 16

Das linke Teilbild wurde im allgemeinen grün und das rechte Teilbild rot eingefärbt. Durch die Farbfilter der Rot-Grün-Brillen, wobei hier der linke Filter rot und der rechte grün war, entstand ein Nachteil durch die Lichtabsorption von etwa 50%, was zu einem dunklerem Bild führte und sich zudem das wiedergegebene Material auf Schwarz-Weiß-Bilder beschränkte.[24]

Der deutsche Physiker und Unternehmer August Fuhrmann konnte der Stereoskopie mit der Erfindung des „Kaiser-Panoramas" um die Jahrhundertwende einen neuen Aufschwung verleihen. Bis zu 25 Personen waren in der Lage gleichzeitig eine Bilderserie zu betrachten ohne ihre Plätze wechseln zu müssen. Hauptsächlich zeigten die Bilder Reiseziele und Landschaften, die für den Normalbürger unerschwinglich waren.[25] Besonders für den Anschauungsunterricht ganzer Schulklassen war die Erfindung interessant[26].

Nach dem ersten Weltkrieg (1914-1918) konnten Erfindungen wie das „Rolleidoskop" oder der „Multiplast" der Stereoskopie neuen Aufschwung verleihen. Doch der 2D-Kinofilm verdrängte zunehmend die 3D-Bilder und das Bewegtbild wurde immer populärer. Schließlich verlagerte sich das politische Interesse erneut und der zweite Weltkrieg (1939-1945) begrub buchstäblich die Errungenschaften der Wissenschaftler unter seinen Trümmern.[27]

Als das Fernsehgerät immer populärer wurde, blieben die Menschen lieber zu Hause, anstatt in ein teures Kino zu gehen. Daher bemühten sich die Filmproduzenten, mit Innovationen, die Zuschauer wieder ins Kino zu locken. 1952 erschien der erste kommerzielle 3D-Film „Der Teufel Bwana" in den US-amerikanischen Kinos. Da diese 3D-Filme oft noch das Anaglyphen-Verfahren verwandten, konnte man die Filme ohnehin nur im Kino sehen, da die Fernsehgeräte zu Hause nur in schwarz-weiß senden konnten und der Rot-Grün-Effekt damit nicht genutzt werden konnte. In den folgenden zwei Jahren kamen mehr als 40 3D-Produktionen ins Kino und es entstand ein Ansturm auf die Stereoskopie. Diese wurden dann aber vermehrt mit zwei Projektoren und in Farbe mit Hilfe von Polfilterbrillen gezeigt.[28] Als jedoch 1953 die Farbfernseher in den Vereinigten Staaten auf den Markt kamen, verschwand die 3D-Technik wieder aus den Kinos und wurde vernachlässigt[29].

---

[24] vgl. Pietsch 1958, 194
[25] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.e
[26] vgl. Pietsch 1958, 20
[27] vgl. Pietsch 1958, 20-23
[28] vgl. Janssen 2008, 72
[29] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.f

3. Die moderne 3D-Technik

Mit dem im Dezember 2009 veröffentlichten Film „Avatar – Aufbruch nach Pandora" leitete James Cameron die Ära der modernen 3D-Technik ein. Es ist zu Erwarten, dass die Entwicklung der neuen Kameratechnik für die stereoskopischen Aufnahmen noch nicht abgeschlossen ist. Jedoch haben sich bereits Techniken entwickelt, mit denen heute größtenteils gearbeitet wird.

3.1. Stereoskopische Kamerasysteme

Um den menschlichen Augenabstand mit hochwertigen Kameras nachahmen zu können, wurden spezielle Kamerastative konstruiert. Das sogenannte Stereorig benötigt zwei Kameras, die auf zwei Arten zueinander angeordnet werden können. Um Panoramaaufnahmen oder totale Szenen aufzuzeichnen, werden die Kameras parallel zueinander, ähnlich den Augen eines Menschen, auf dem Stativ platziert.[30] Abbildung 4 zeigt den Aufbau eines solchen Stativs. Die Pfeile symbolisieren das auf die Objektive einfallende Licht der Szene.

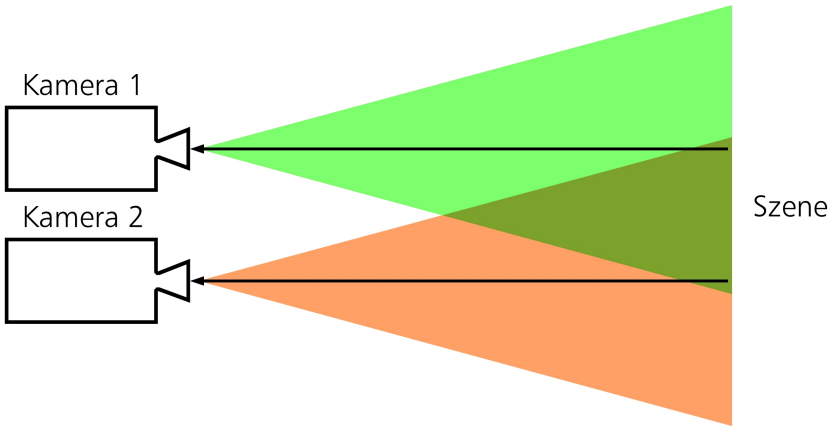

Abb. 4: Der Aufbau eines Stereorigs mit Ansicht von oben[31]

Da hochwertige HD-Kameras meist groß ausfallen, können sie nicht dicht genug nebeneinander platziert werden, um auch Nahaufnahmen aufzuzeichnen.

[30] vgl. Landsiedel 2010, 28-29

[31] in Anlehnung an pstechnik.de (Hrsg.) o.J.

Für diesen Fall wurde das Spiegelrig entwickelt, welches mit Hilfe eines einseitig durchlässigen Spiegels arbeitet und so Nahaufnahmen ermöglicht, ohne den 3D-Effekt zu zerstören. Eine Kamera wird dabei ganz normal auf die Szene gerichtet. Die zweite Kamera befindet sich im 90 Grad Winkel über der ersten Kamera und schießt nach unten. Der Spiegel befindet sich ungefähr im 45 Grad Winkel vor beiden Linsen der Kameras. Die normal ausgerichtete Kamera filmt durch die durchlässige Seite des Spiegels, während die andere Kamera das Spiegelbild der Szene filmt. Die aufgenommenen Bilder können sich so fast überlappen und simulieren damit den kurzen Abstand des menschlichen Auges. Die Anordnung der Kameras kann auch dahingehend geändert werden, dass die senkrecht nach unten filmende Kamera unter der waagerecht filmenden Kamera hängt und nach oben auf den Spiegel filmt. Dieser muss dann so gedreht werden, dass das Abbild der Szene nach unten fällt.[32]

Abbildung 5 zeigt den theoretischen Aufbau des Spiegelrigs von der Seite. Die Pfeile deuten den Weg des Lichtes an, den beide Kameras empfangen. Während Kamera 1 durch den Spiegel filmt empfängt Kamera 2 das Abbild der Szene als Spiegelbild.

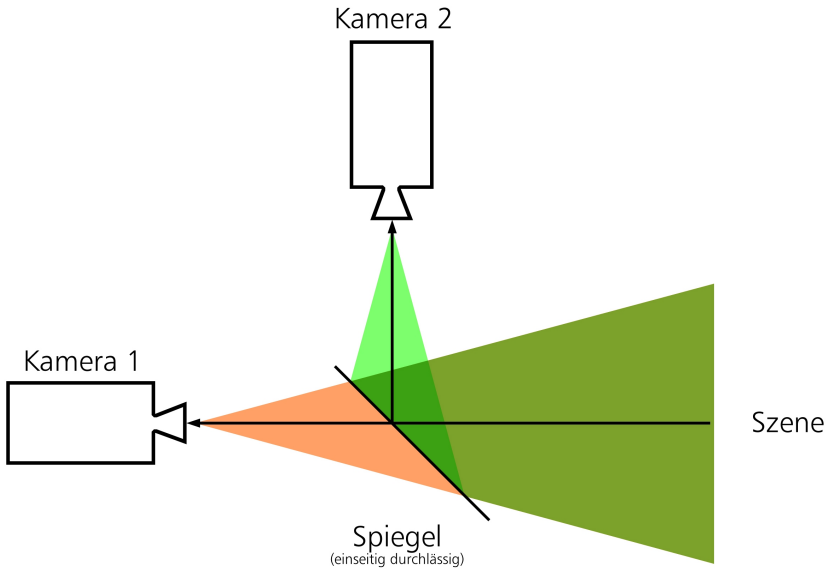

Abb. 5: Der Aufbau des Spiegelrigs mit Ansicht von der Seite[33]

[32] vgl. Landsiedel 2010, 29

[33] in Anlehnung an pstechnik.de (Hrsg.) o.J.

Eine weitere Technik zur stereoskopischen Aufnahme ist das 3D-Objektiv, welches auch Beamsplitter genannt wird. Dabei handelt es sich um ein Linsenadapter, der vor eine normale Film- oder HD-Kamera gesetzt wird. Der Adapter hat zwei Objektive, die meist in der gängigen Stereobasis angeordnet sind. Das einfallende Licht wird von zwei separaten Punkten über Spiegel auf zwei separate Stellen des Filmmaterials oder Bildsensors gelenkt. Vorher wird es noch von einer anamorphotischen Linse gestaucht, damit die Bilder später die volle Filmgröße bekommen, obwohl es bei der Aufnahme auf der Hälfte des Platzes untergebracht wird. In der Postproduktion wird dieser Vorgang umgekehrt. Der Vorteil dieser Technik besteht eindeutig in der Beweglichkeit, die durch die Platzsparende Bauweise erreicht wird. [34] Abbildung 6 verdeutlicht das Verfahren auf einfache Weise.

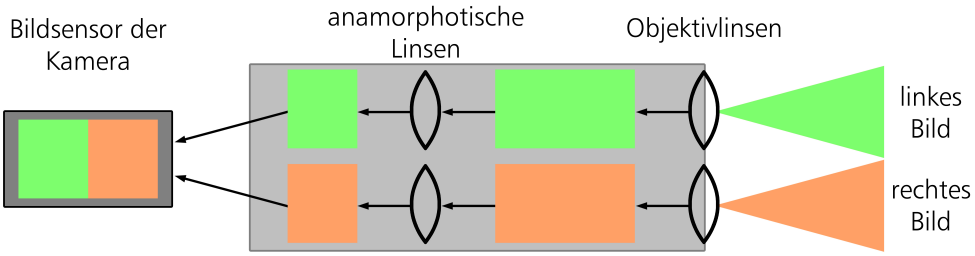

Abb. 6: Das Verfahren des 3D-Objektivs mit Ansicht von oben

Der große Nachteil dieser 3D-Objektive liegt bei der Steifheit der Konstruktion. Es lassen sich kaum Justierungen am Objektiv vornehmen, sodass die Vorrichtung im professionellem Bereich kaum Anwendung findet. Dort wird meist die Stereorig-Konstruktion verwendet.[35] Zusätzlich ist die Stereobasis, also der Abstand der Objektivlinsen, bedeutend kleiner als der natürliche Augenabstand des Menschen und lässt sich auch nicht ändern. Daher entsteht nicht so viel Tiefe, wie bei den beiden anderen Konstruktionen, wo man die Stereobasis vergrößern kann. Lediglich im Makrobereich werden Ergebnisse mit mehr Räumlichkeit erzielt.

[34] vgl. Landsiedel 2010, 29-30

[35] vgl. Landsiedel 2010, 30

3.2. Der Weg auf die Leinwand

Das bereits beschriebene Anaglyphen-Verfahren (Kap. 2, Abs. 4) wird im Kino nicht mehr verwendet. Stattdessen haben sich fünf modernere Techniken etabliert. Dazu gehören RealD, MasterImage, XpanD, Dolby Digital 3D und die Doppelprojektion. Um den Umstieg auf die digitale Stereoskopie zu erleichtern bietet die Firma Technicolor seit Januar 2010 das Technicolor 3D-Verfahren an, welches ermöglicht, analoge 35mm-Projektoren im Kino weiter zu verwenden[36]. Jedoch sind die großen Kinoketten in Deutschland, darunter die Cinemaxx-Gruppe, das UCI-Kinowelt-Unternehmen und die CineStar-Gruppe, auf digitale Verfahren umgestiegen[37]. Man kann sagen, dass alle genannten Techniken, außer Dolby Digital 3D, auf zwei Grundverfahren aufbauen. Das ist zum einen die Polarisation des Lichts und die Shutter-Technik. Die von Dolby verwandte Interferenzfiltertechnologie stellt eine Ausnahme dar.

3.2.1. Polarisationstechnologie

Für den 3D-Effekt ist es notwendig, dass jedes Auge ein eigenes Bild bekommt. Um das zu erreichen, verwendet man Polarisationsfilter. Normalerweise schwingt das Licht in alle Richtungen. Ein Polarisationsfilter kann aber das Licht dazu bringen, nur auf einer festgelegten Ebene zu schwingen. Vor dem Filmprojektor wird nun ein Filter platziert, der die beiden Bildströme, für das linke und rechte Auge, abwechselnd horizontal und vertikal polarisiert. Der Betrachter trägt eine Brille, in der ebenfalls für jedes Auge unterschiedliche Polarisationsfilter sitzen. Die Filter in den Brillen lassen nur das Licht des Bildes hindurch, welches in die gleiche Richtung polarisiert ist, wie sie selbst. Jedes Auge bekommt so den zugewiesenen Bildstrom geliefert und das Gehirn wandelt die unterschiedlichen Bilder in ein 3D-Bild um.[38] Damit sich das polarisierte Licht nicht wieder in alle Richtungen zerstreut, wenn es von der Leinwand zurückgeworfen wird, werden spezielle silberbeschichtete Leinwände verwendet. Diese können das Licht mit unveränderter Polarisation zurückwerfen, sind aber entsprechend teurer als normale weiße Leinwände.[39]

---

[36] vgl. Technicolor.com (Hrsg.) o.J.

[37] vgl. Landsiedel 2010, 32 sowie Heise.de (Hrsg.) 2010

[38] vgl. Landsiedel 2010, 32

[39] vgl. Janssen 2008, 73

Damit es nicht zu einem Flimmern kommt, wird jedes der 25 Einzelbilder pro Sekunde etwa dreimal wiederholt. Das ergibt eine Bildwiederholrate von 144 Hertz. So bekommt jedes Auge pro Sekunde 72 Bilder geliefert.[40] Abbildung 7 zeigt auf einfache Weise, wie das polarisierte Licht zu den Augen des Betrachters gelangt. Die grünen Pfeile symbolisieren die Bildströme für das linke Auge, welche horizontal polarisiert wurden, während die orangefarbenen Pfeile die Bildströme für das rechte Auge zeigen.

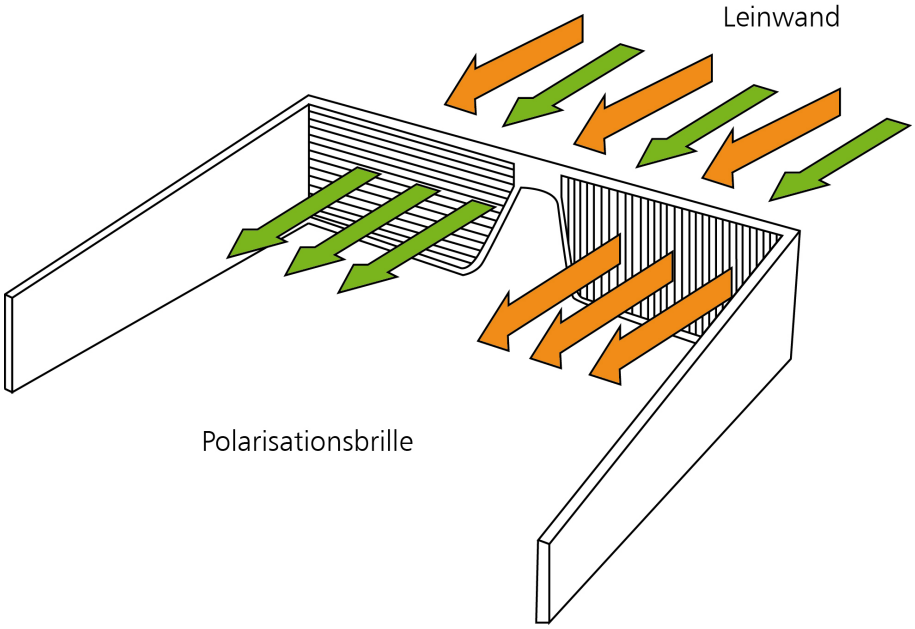

Abb. 7: Das polarisierte Licht strömt durch die Polarisationsfilter der Brille

Die beschriebene Polarisation findet größtenteils bei der Doppelprojektion statt. Bei dieser kommt jeder Bildstrom von einem eigenen Projektor, was eine saubere Bildtrennung ermöglicht. Jedoch findet die Polarisation nur linear statt. Daher ist es dem Betrachter mit dieser Technik nicht erlaubt, den Kopf zu neigen, da sonst Geisterbilder entstehen und der 3D-Effekt verloren geht. Um diesen Nachteil zu beseitigen wird das Licht beim RealD- und Master-Image-Verfahren zirkular polarisiert.[41]

[40] vgl. Landsiedel 2010, 32

[41] vgl. Janssen 2008, 73

RealD und MasterImage gehören mit zu den am weitesten verbreiteten Projektionsverfahren in Deutschland[42]. Gerade große Kinosäle setzen auf Techniken, die 3D-Brillen benötigen, welche günstig in der Anschaffung sind. Zudem ist hier entgegen der Doppelprojektion nur ein Projektor notwendig. Bei RealD wird das Licht der beiden Bildströme in unterschiedliche Richtungen, entweder mit oder gegen den Uhrzeigersinn, polarisiert.

Der sogenannte Z-Filter sitzt vor dem Projektor und polarisiert abwechselnd das linke und rechte Bild. In der Brille des Zuschauers sitzen ebenfalls zirkular polarisierende Filter, die das Licht in einer für jedes Auge unterschiedlichen Richtung durchlassen. So ist es möglich, dass der Zuschauer den Kopf neigen kann. Das MasterImage-Verfahren arbeitet auf ähnliche Weise. Die Polarisierung der Bilder ist aber gegensätzlich dem RealD-Verfahren, weshalb die 3D-Brillen untereinander nicht kompatibel sind.[43]

3.2.2. Shutter-Verfahren

Die Shutter-Technik wird meist in kleinen Kinosälen und zu Hause bei Computerspielen und Fernsehgeräten verwendet und wird vom Hersteller XpanD entwickelt. Hier wird das Bild jeweils für das linke und das rechte Auge abwechselnd dargestellt. Das andere Auge wird in der Zeit abgedunkelt. Um das zu ermöglichen wechseln die LCD-Linsen der Brille zwischen durchsichtig und undurchsichtig. Die dafür nötige Synchronisierung mit dem verantwortlichen Server, der die 3D-Daten liefert, erfolgt dabei per Infrarotverbindung vom Server zu den Brillen.[44]

Der Vorteil dieser Technik ist, dass keine teuren silberbeschichteten Leinwände nötig sind. Auch Kopfneigungen sind erlaubt ohne Probleme zu bekommen. Außerdem gibt es bei der Farbwiedergabe keine Qualitätseinbußen. Jedoch sind die Brillen teuer in der Anschaffung und erzeugen teilweise Störgeräusche durch die batteriebetriebene Shutter-Technik. Zudem müssen die Batterien alle 300 Stunden gewechselt werden. Durch die Technik, sind die Brillen sehr empfindlich und können durch ihr Gewicht das längere Tragen unangenehm machen. Für die Kinosäle entsteht ein weiterer Kostenfaktor durch die regelmäßige Reinigung der Brillen.[45]

---

[42] vgl. Heise.de (Hrsg.) 2010a

[43] vgl. Westermann (Hrsg.) o.J.

[44] vgl. Janssen 2008, 73

[45] vgl. Westermann (Hrsg.) o.J.

Abbildung 8 verdeutlicht das Shutter-Verfahren. Das linke Auge ist abgedunkelt, während das rechte Auge ein Bild erhält. Danach wechselt die LCD-Linse des rechten Auges auf undurchsichtig und das linke Auge erhält ein Bild. Die Zeit wird vom Pfeil dargestellt.

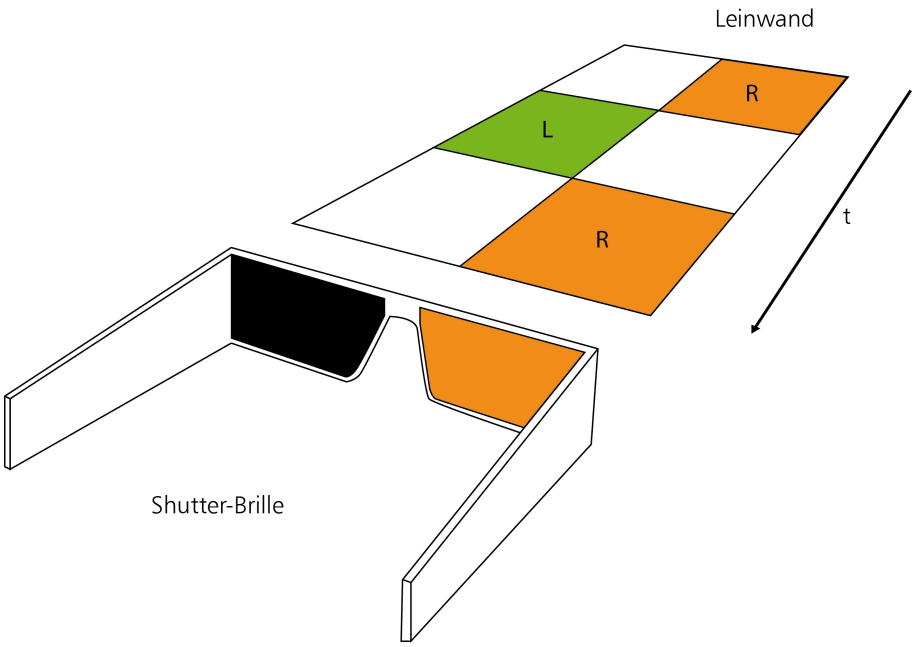

Abb. 8: Das Shutter-Verfahren verdunkelt abwechselnd die Augen

3.2.3. Interferenzfiltertechnologie

Das Verfahren von Dolby arbeitet mit der Interferenzfiltertechnologie der Firma Infitec. Im Projektor wird ein spezieller, nachrüstbarer Farbfilter installiert, der sich zwischen der Lampe und der Optik befindet. Dieser ändert die RGB-Werte des Filmmaterials leicht ab, um unterschiedliche Wellenlängen für die jeweiligen Bildströme zu erzeugen. So erhält jedes Auge ein eigenes Bild und der Raumeindruck entsteht. Die 3D-Brillen bestehen aus beschichteten Quarz-Gläsern, die mit trennscharfen Interferenzfiltern arbeiten.[46] Durch das Abweichen der Grundfarben in ihren Wellenlängen kommt es zu Differenzen in der Farbwahrnehmung.

[46] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.g

Diese müssen durch eine digitale Farbkorrektur vor der Projektion korrigiert werden, damit ein subjektiv farbechtes Bild für den Zuschauer entsteht.[47] In Abbildung 9 wird das Verfahren grob dargestellt.

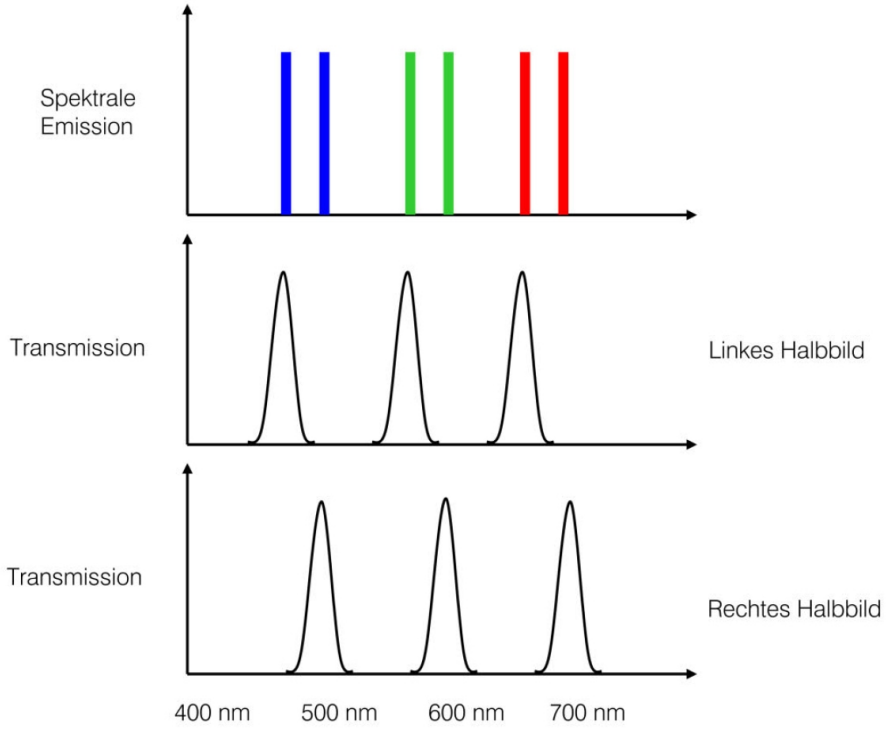

Abb. 9: Die Interferenzfilter trennen das rechte und linke Bild durch leichte Änderungen der Wellenlängen[48]

Die Balken stellen die Grundfarben Blau, Grün und Rot dar. Nachdem die Interferenzfilter die Wellenlängen der Grundfarben für das linke und rechte Auge leicht abgeändert haben, entsteht der räumliche Eindruck. Für das linke Auge lassen die Gläser der Brille nur die unteren Wellenlängenbereiche und für das rechte Auge nur die oberen Wellenlängenbereiche durch. Der Vorteil dieser Technologie ist die gute Kanaltrennung, die durch die Änderung der Wellenlängen erreicht wird. Zudem kann der Zuschauer den Kopf neigen, ohne Geisterbilder zu sehen, wie sie bei der linearen Polarisation auftauchen. Durch die Technik ist es für die Kinobetreiber möglich normale Leinwände zu

[47] vgl. INFITEC GmbH 2010

[48] stereotec.com (Hrsg.) 2010, 6

verwenden. Jedoch müssen die Projektoren mit kostspieligen Farbrädern ausgestattet werden und danach in den Farben korrigiert werden. Außerdem benötigt die Technik teure 3D-Brillen, die allerdings mehrfach verwendet werden können. Das jedoch führt wie beim Shutter-Verfahren zu Kosten für die Reinigung der Brillen.[49]

3.2.4. Autostereoskopie

Bisher arbeiten alle Verfahren mit 3D-Brillen, die den Zuschauern kein komfortables Schauen von 3D-Filmen ermöglichen können, da diese das Sichtfeld einschränken oder mit der Zeit unangenehm werden. Autostereoskopische Displays arbeiten mit einem Verfahren, welches dem Zuschauer ermöglicht, einen 3D-Film ohne weitere Hilfsmittel zu schauen. Um das zu erreichen, senden sie die Bildströme getrennt zu dem linken und rechten Auge des Betrachters. Die positionsabhängige Projektion wird durch feine Linsen-, Prismen- oder Drahtgitterraster erzielt, die das Licht der beiden Bildströme in unterschiedliche Richtungen abstrahlen. Die Position des besten Raumeindrucks ist starr, was die Bewegungsfreiheit des Zuschauers stark einschränkt.[50] Jedoch gibt es auch schon Entwicklungen, die positionsunabhängig sind. Diese nutzen dann ein Eye-Tracking-System, welches mit Hilfe einer Kamera die Augen des Betrachters verfolgt und den Blickwinkel des dargestellten Bildes dementsprechend anpasst. Bisher beschränken sich die meisten Displays auf nur einen Betrachter und den Heimbereich. Neueste Entwicklungen arbeiten aber schon mit sogenannten Multi-User-Displays, die es mehreren Zuschauern ermöglicht, ein 3D-Bild ohne Hilfsmittel zu schauen. Auch da nutzt das Display die zwei beschriebenen Varianten. Entweder werden die Augen der Betrachter mit mehreren Kameras erfasst oder das Display sendet die 3D-Bilder an mehrere starre Positionen im Raum.[51] Jedoch verringert sich dann je nach Anzahl der ausgegebenen 3D-Bilder die Auflösung des dargestellten Bildes[52]. Da es im Kino die meiste Zeit recht dunkel ist und die Zuschauerzahl sehr hoch ausfällt, sind Eye-Tracking-Verfahren mit einer Kamera noch nicht realisierbar. Dort wäre, aufgrund der sowieso starren Sitzposition der Zuschauer, eine Drahtgitterleinwand oder Linsenleinwand hilfreicher.

---

[49] vgl. Kind/Rampacher 2010

[50] vgl. Lechner 2010

[51] vgl. Heise.de (Hrsg.) 2010b

[52] vgl. Heise.de (Hrsg.) 2010c

Erste Versuche in diese Richtung fanden schon 1930 in Moskau statt. Um die Position des Betrachters noch besser zu fixieren, könnten Kopfstützen angebracht werden, welche die Kopfposition an einer definierten Stelle halten.[53] Die Funktionsweise einer Linsen-Projektionswand wird in Abbildung 10 verdeutlicht.

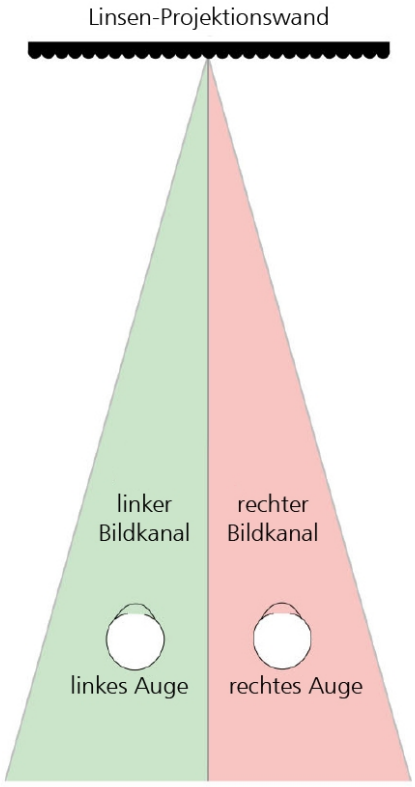

Abb. 10: Ein autostereoskopisches Verfahren mit einer Linsenleinwand[54]

Die Linsenleinwand, auch Lentikularleinwand genannt, wird von der Rückseite mit mindestens zwei Projektoren angestrahlt. Diese senden die Bildströme für das linke und rechte Auge. Durch die Linsen werden die beiden Bildkanäle getrennt zu den Augen des Betrachters gelenkt. Dieser muss nur noch sicherstellen, dass er sich an der richtigen Position im Raum befindet, damit der räumliche Eindruck entstehen kann.[55]

[53] vgl. stereotec.com (Hrsg.) 2010, 8
[54] in Anlehnung an stereotec.com (Hrsg.) 2010, 7
[55] vgl. ebenda

4. Die Probleme

3D-Filme erfreuen sich einem steigendem Interesse. Jedoch trüben Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen, Schwindel oder Übelkeit das Filmvergnügen. Zu der in Kapitel 1.3. behandelten Individualität des Menschen kommen weitere Probleme, die aber von den Filmemachern oder der vorhandenen Technik minimiert oder sogar verhindert werden können.

4.1. Die Schärfentiefe

Die Schärfentiefe beschreibt den Bereich des Bildes, der durch bestimmte Einstellungen am Objektiv der Kamera, scharf dargestellt werden kann. Wenn also die Tiefe der Schärfe gering ausfällt, so ist der Bereich, in dem sich ein abgebildetes Objekt bewegen kann ohne unscharf zu werden, sehr klein. Die Blende sowie die Brennweite eines Objektivs bestimmen hauptsächlich die Schärfentiefe des Bildes. Je größer die Blendenöffnung und Brennweite ist, desto kleiner ist die Schärfentiefe. Daher ist es am einfachsten, ein Objekt mit offener Blende und im Telebereich scharf zu stellen. Die Schärfe eines Objekts lässt sich also daran bemessen, wie genau die einzelnen Punkte der Gegenstandsebene auf der Bildebene der Kamera abgebildet werden. Wenn die Zerstreuung eines Punktes zu groß ist, wird der Punkt zu einer Fläche und das Objekt dadurch unscharf. Tatsächlich gibt es somit nur eine Ebene im dargestellten Raum, in der ein Punkt der Gegenstandsebene auch einen Punkt auf der Bildebene erzeugt. Da die menschliche Wahrnehmung aber erst ab einer bestimmten Größe der Zerstreuungskreise eine Fläche und damit eine Unschärfe wahrnimmt, fällt der scharfe Bereich scheinbar größer aus.[56]

Regisseure und Kameramänner benutzen in Filmen gerne eine kleine Schärfentiefe um den Blick des Zuschauers zu lenken und ihn von dem Unwesentlichen, also dem Unscharfen, abzulenken. Gerne werden auch Schärfenverlagerungen angewendet um den Fokus von einem vorderem auf ein hinteres Objekt schweifen zu lassen oder umgekehrt. Diese Stilmittel können der Dramaturgie und der Bildgestaltung nützlich sein, jedoch beim 3D-Film zu Problemen für den Zuschauer führen.

[56] vgl. Schmidt 2009, 386-387

Denn anders als im Film, gibt es in der Realität keine Unschärfen. Das menschliche Auge akkommodiert stets neu und stellt das wahrgenommene Bild scharf, wenn erst ein Objekt fixiert wird und dann ein anderes. Dieser Vorgang findet automatisch statt. Der Betrachter einer stereoskopischen Aufnahme kann somit nicht beeinflussen, ob seine Augen akkommodieren oder nicht. Befinden sich nun aber Objekte oder ganze Flächen im Bild, die unscharf sind, weil sie sich entweder weiter hinten oder im Vordergrund befinden, führt das zu dem unbewussten Versuch des Auges, diese Bereiche scharf zu stellen. Da dies aber nicht gelingt, übt das Gehirn unnötige Konzentrationsvorgänge aus, die letztlich zu den Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen, Schwindel oder Ermüdungen führen können. Experten empfehlen daher, die unscharfen Bereiche in einem 3D-Film so klein wie möglich zu halten oder sogar ganz zu vermeiden.[57] Markus Zumkeller von Sony erklärt dazu:

> „Bei 3D muss man völlig umdenken. Das heißt, 3D muss so aussehen, dass der gesamte Film scharf ist und der Kunde entscheidet, welchen Teil er für sich dann scharf stellt im Auge."[58]

So läge es in der Auffassung des Betrachters, welchen Bereich des Films er sich anschauen und somit auch scharf stellen möchte. Das würde nicht nur den 3D-Genuss erhöhen sondern auch den Realismus aus der echten Wahrnehmung besser imitieren. Das stellt die 3D-Filmemacher vor eine neue Herausforderung, da zum einen die Bildgestaltung darunter leiden kann und zum anderen die Umsetzung aufgrund von technischen Begebenheiten erschwert werden kann.

Um also eine größtmögliche Schärfentiefe zu erreichen, müsste zum einen die Blende geschlossen und die Brennweite auf den kleinsten Wert gestellt werden. Der Einsatz eines Weitwinkelobjektivs kann dabei sehr hilfreich sein. Das bedeutet auch, dass die Szene aufgrund des geringeren Lichteinfalls auf das Objektiv der Kamera, hell ausgeleuchtet werden müsste, wenn man nicht auf die Verstärkung der Helligkeit durch die Kamera zurückgreifen möchte. Diese ist zum einen nicht immer vorhanden und zum anderen erzeugt sie ein starkes Bildrauschen. Hierbei spricht man vom sogenannten Gain-Faktor, der im Idealfall immer Null betragen sollte. Die Technik, quasi ohne Unschärfen zu filmen wurde schon im 1941 erschienenen Film „Citizen Kane" von Orson

[57] vgl. Janssen/Kuhlmann 2010

[58] Zumkeller 2010

Welles genutzt und nennt sich „Deep focus cinematography“[59]. Mit dieser war es für den Kameramann möglich, einen sehr großen Bereich des Bildes scharf darzustellen. Eine Szene aus dem Film ist in Abbildung 11 zu sehen. In dieser erkennt man, dass sowohl der Vordergrund (Kopf des Mannes), als auch der Hintergrund (Männer auf der Leiter) eine angenehme Schärfe aufweisen. So lassen sich dank dieser großen Schärfentiefe noch einzelne Details erkennen.

Abb. 11: Die Technik von „Deep focus cinematography“ im Film „Citizen Kane“ von 1941 ermöglicht eine große Schärfentiefe[60]

Wenn es aufgrund von verschiedenen Voraussetzungen nicht möglich sein sollte, eine Aufnahme ohne Unschärfen zu realisieren, so kann man noch über eine andere Möglichkeit nachdenken, die man in der Postproduktion realisieren kann. So wäre es zum Beispiel möglich, eine Szene zweimal zu drehen, wobei erst der Vordergrund und dann der Hintergrund scharf eingestellt wird. In der Nachbearbeitung werden die beiden Szenen dann digital zusammengefügt, was ein insgesamt schärferes Bild zur Folge hat.

[59] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.h

[60] Welles 1941

Abbildung 12 zeigt eine Szene aus dem Filmklassiker „Reservoir Dogs“ von Quentin Tarantino. In dieser erkennt man deutlich den Schnitt zwischen dem Vorder- und Hintergrund, der in der Postproduktion entstanden ist.

Abb. 12: Vorder- und Hintergrund wurden in dieser Szene getrennt voneinander aufgezeichnet und digital zusammengefügt[61]

Eventuell war es auch vom Regisseur so erwünscht, dass der Übergang deutlich sichtbar ist. Wenn die Kante gar nicht erkennbar sein soll, kann man durch digitale Effekte eine bessere Trennung von Vorder- und Hintergrund erreichen, wenn der Vordergrund vor einer neutralen Key-Farbe aufgezeichnet wird. Durch automatisierte Algorithmen in digitalen Effekt-Programmen wird die Key-Farbe entfernt und durch den Hintergrund ersetzt. Sollte es trotz einer starren Kameraposition zu leichten gegensätzlichen Bewegungen im Bild kommen, muss der Vordergrund durch ein Tracking-Verfahren an den Hintergrund angepasst werden. Dabei werden die Bewegungen des Hintergrundes in Positionsdaten gespeichert und auf den Vordergrund übertragen. Vorher muss das Bild des Vordergrundes stabilisiert werden, was ebenfalls durch das Tracking-Verfahren realisiert wird.

Jedoch kann dieses Verfahren nur kleinere Kamerabewegungen ausgleichen. Daher wird diese Art der Schärfentiefeerweiterung die Regisseure und Kameramänner vor eine große Herausforderung stellen, wenn die Szene nicht starr aufgezeichnet werden soll. Dann ist es wahrscheinlich einfacher und kostengünstiger, die Szene und Technik so einzurichten, dass eine möglichst große Schärfentiefe erreicht wird. Genau wie im Klassiker von Orson Welles.

[61] Tarantino 1992

4.2. Konflikt zwischen Konvergenz und Fokus

Ein weiteres Problem stellt der Konflikt zwischen der fokussierten Ebene und der Gegenstandsebene dar. Die gegenseitige Bewegung der Augen, um schließlich einen Punkt zu fixieren, nennt man Konvergenz. Dadurch überschneiden sich die Blickachsen der Augen an einem Punkt und es kommt zur Fokussierung des Gegenstandes. Bei einem 3D-Display wird allerdings die Oberfläche des Displays fokussiert obwohl sich der Gegenstand in der Tiefe des Raumes, also eigentlich hinter dem Display, befindet. Abbildung 13 verdeutlicht diesen Konflikt.

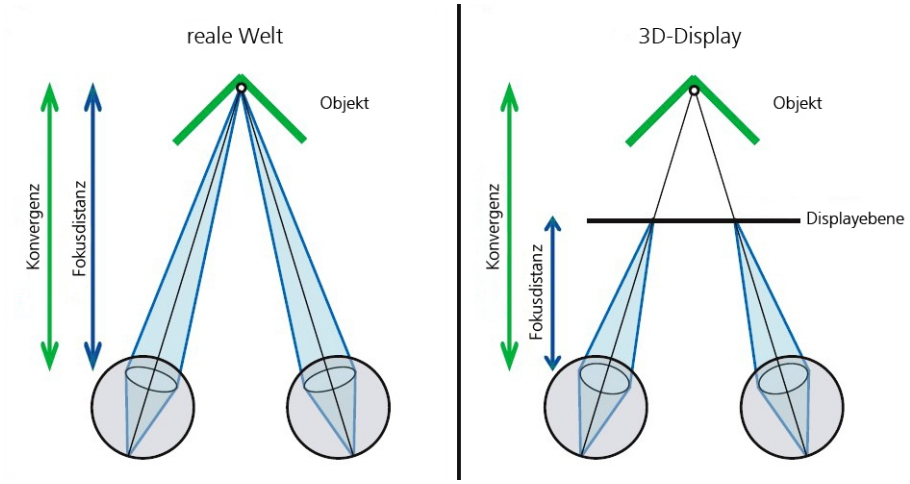

Abb. 13: Der Konflikt zwischen realer Welt und 3D-Display[62]

Auf der linken Seite wird ein Objekt in der realen Welt fokussiert. Die Konvergenz entspricht auch der fokussierten Entfernung. Die Augen akkommodieren entsprechend der Distanz zum Objekt. Rechts findet die Fokussierung auf der Displayebene statt. Die Konvergenz entspricht nicht der Fokusentfernung. Die Akkommodation der Linsen ist ebenfalls anders, wodurch es zu Ermüdungen und Irritationen kommen kann. Daher sollten die wichtigsten Elemente eines Bildes auf der Displayebene liegen, um diesen Konflikt zu minimieren. Dadurch würde die Entfernung von Fokus und Konvergenz die selbe sein und die Akkommodation der Augen gleicht sich mit der in der realen Welt.[63]

[62] in Anlehnung an Hoffmann/Girshick et al. 2008

[63] vgl. Janssen/Kuhlmann 2010

4.3. Das Gesichtsfeld des Menschen

Das Gesichtsfeld umfasst alles in der näheren Umgebung, was der Mensch mit beiden Augen wahrnehmen kann, ohne sie zu bewegen, beziehungsweise wenn er starr geradeaus schaut. Dem Gehirn ist es zu verdanken, dass aus beiden Bildern der Augen ein großes Gesamtbild gebildet wird. Daher verringert sich das Gesichtsfeld entsprechend, wenn ein Auge geschlossen wird.[64]

Da die Reize aus dem Blickwinkel den Eindruck des fixierten Punktes beeinflussen können, kann es zu Problemen beim Betrachten von 3D-Filmen kommen. Um den Effekt besser wahrnehmen zu können, ist es wichtig, das innerhalb des Gesichtsfeldes keine weiteren Informationen wahrgenommen werden, die nicht zum 3D-Film gehören. So kann sich auch das Gehirn besser auf den stereoskopischen Effekt einstellen und es kommt nicht zu Überanstrengungen, die zu Kopfschmerzen führen können. Daraus ergibt sich für den Kinobesucher, einen Platz zu wählen, der nicht zu weit hinten ist. Der Platz sollte so gewählt werden, dass an den Seiten möglichst keine schwarzen Wände mehr zu sehen sind und das Gesichtsfeld mit der Leinwand ausgefüllt ist.

Im Kino lässt sich dieses Problem aufgrund der recht großen Leinwand leicht kompensieren. Im Heimgebrauch wird das schon deutlich schwieriger. Da die Displays im Vergleich zu einer Leinwand recht klein ausfallen und der Raum durch einfallendes Sonnenlicht nicht immer komplett abgedunkelt werden kann, sollte das Gesichtsfeld von weiteren Störfaktoren befreit werden. Dazu zählen vor allem sich bewegende Gegenstände oder Personen, die im Blickwinkel wahrgenommen werden können. Der Blick sollte zudem nicht am Fernseher vorbei wandern, da sich das Gehirn sonst stets anpassen muss, was zu übermäßigen Anstrengungen führt.

Die Größe des Gesichtsfelds ist alters-, geschlechts- und aufmerksamkeitsabhängig. Das Gesichtsfeld eines gesunden Jugendlichen umfasst in der horizontalen Ebene durchschnittlich bis zu 175 Grad.[65] Je nach Kopfform und Position der Augen kann dieser Wert bis zu 200 Grad reichen. Im Alter kann dieser Wert aber auf bis zu 139 Grad abfallen. Die vertikale Ausdehnung beträgt nur 130 Grad und ist damit deutlich kleiner als die horizontale Ausdehnung.[66] Frauen haben in beiden Fällen meist ein etwas größeres Gesichtsfeld als Männer.

---

[64] vgl. auge-online.de (Hrsg.) 2010

[65] vgl. ebenda

[66] vgl. SPOMEDIAL (Hrsg.) 2009

Bei beiden verkleinert sich jedoch das Gesichtsfeld temporär, wenn größere Konzentrationen stattfinden oder Stress ausgelöst wird. Dabei spricht man vom sogenannten Tunnelblick. Wenn die Augen bewegt werden vergrößert sich der wahrgenommene Bereich und man spricht vom Blickfeld.[67] So kann der wahrgenommene Bereich in der horizontalen Ausdehnung auf bis zu 270 Grad erweitert werden wenn der Kopf starr gehalten wird[68]. Abbildung 14 zeigt den Bereich des Gesichtsfeld beim gesunden, jugendlichen Menschen. Die Augen und der Kopf sind starr geradeaus gerichtet. Der Unterschied zwischen der kleinen vertikalen Ausdehnung gegenüber der großen horizontalen Ausdehnung ist dabei deutlich zu erkennen.

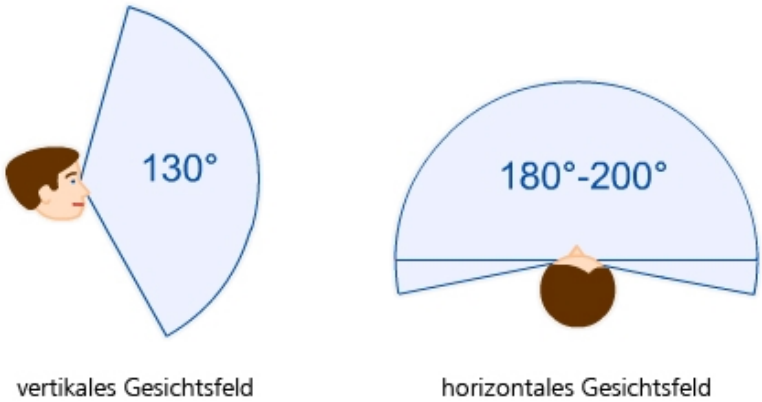

Abb. 14: Die Ausdehnung des Gesichtsfeld beim gesunden Menschen[69]

In den Augen entspricht das Gesichtsfeld dem Bereich, der auf der ganzen Netzhaut abgebildet werden kann. Da die Netzhaut an verschiedenen Stellen unterschiedlich leistungsfähig ist, kann der Mensch in den verschiedenen Bereichen unterschiedlich gut sehen. Daher werden Dinge zwar bemerkt, aber erst durch wenden des Kopfes und Fixieren der Augen auch wirklich scharf erkannt.[70] Im Kapitel 1.1. wurde der Punkt des schärfsten Sehens bereits erläutert. Trotz der schwachen Schärfe an den Seiten des Gesichtsfeld, muss beim Betrachten von 3D-Bildern darauf geachtet werden, dass diese Bereiche „ausgeblendet" werden. Der optimale Sitzabstand zu einem Fernseher ist eine kleine Wissenschaft für sich und wird in Kapitel 4.4.1. näher erläutert.

[67] vgl. auge-online.de (Hrsg.) 2010
[68] vgl. SPOMEDIAL (Hrsg.) 2009
[69] SPOMEDIAL (Hrsg.) 2009
[70] vgl. auge-online.de (Hrsg.) 2010

4.4. Anforderungen an den Betrachter

Um ein beschwerdefreies dreidimensionales Filmerlebnis genießen zu können, müssen auch die Betrachter einige Voraussetzungen beachten. Dazu gehören neben der richtigen Sitzposition auch die korrekte Wahl der Betrachtungsquelle und des Raumes.

4.4.1. Die Betrachtungsposition

Gerade in großen Kinos ist es wichtig, sich den geeignetsten Platz zu suchen. Zweifelsohne ist es die Mitte des Saales, in der man sich setzen sollte. So ist gewährleistet, dass auf beide Augen die gleiche Menge Licht fällt und keines mehr arbeiten muss als das Andere. Außerdem sieht man von dort die Bilder direkt von vorne, was für die Augen weniger anstrengend ist, als ein Platz an der Seite. Dort müsste das Gehirn die schief empfangenen Bilder in die gerade Position interpolieren. Das kann wiederum zu Kopfschmerzen führen, die durch die unbewusste Denkleistung ausgelöst werden.[71] Hinzu kommt, dass man in einer mittigen Position immer die Vision des Regisseurs und vom Kameramann sieht, die bei einem verzerrten Bild eventuell nicht wiedergegeben werden kann.

Im Kapitel 4.3. wurde bereits das Gesichtsfeld des Menschen erläutert und wie sich dieses negativ auf den Menschen auswirken kann, wenn man sich einen 3D-Film anschaut. Zudem wurde die beste Position im Kino näher erklärt. Die optimale Entfernung zum Fernseher lässt durch verschiedene Parameter ermitteln. Dazu zählen die Größe eines Pixels auf dem Display, was auch mit der Diagonale des Fernsehers zusammenhängt und die Auflösung der Augen. 3D-fähige Fernseher werden meist mit HD-Auflösung, also 1920 mal 1080 Pixel, angeboten. Bei HD geht man allgemein davon aus, dass sich der Abstand zum Display zwischen dem eineinhalb bis zweifachen der Bildschirmdiagonale bewegen sollte.[72] Jedoch handelt es sich dabei um die Empfehlungen für 2D-Material. Wenn der Fernseher beispielsweise eine Bildschirmdiagonale von 55 Zoll hat, also ungefähr 1,4 Meter, dann muss man von einem optimalen Abstand von ca. 2 bis 2,8 Meter ausgehen. Dabei ist vorausgesetzt, dass das Quellmaterial ebenfalls in HD gesendet wird.

[71] vgl. Gerber 2010

[72] vgl. Pauler 2010

Bei analogem SD-Material oder kleinerer HD-Auflösung (1280 mal 720 Pixel) vergrößern sich die Pixel, was wiederum zu einem unschärferen Bild führt. Um das zu kompensieren muss der Abstand zum Fernseher wieder erhöht werden. Nehmen wir also unser Beispiel für einen Fernseher mit einer Bildschirmdiagonalen von 1,4 Meter und einem durchschnittlichem Abstand von 2,4 Meter. So lässt sich ermitteln, dass der Winkel, in dem der Fernseher im Gesichtsfeld wahrgenommen wird, gerade einmal 25,8 Grad beträgt. Bei einem Abstand von 2 Metern würde sich der Winkel auf 30,7 Grad ausdehnen. Bei einem Gesichtsfeld, welches bis zu 180 Grad umfassen kann, blieben noch rund 150 Grad über, die sich störend auswirken können.

Ist man besonders konzentriert und eventuell auch durch die 3D-Brille eingeschränkt, könnte sich das Gesichtsfeld noch etwas verringern. Wenn man nun den Abstand zum Bildschirm auf 60 Zentimeter verringert, ergäbe das einen Winkel von 85 Grad, die der Bildschirm vom Gesichtsfeld einnimmt. Somit wäre annähernd sichergestellt, dass keine äußeren Einflüsse, dass Filmerlebnis stören. Jedoch bewegt sich der Abstand von 60 Zentimetern im absurden Bereich und spricht gegen ein gemütliches Filmerlebnis mit Freunden oder der Familie. Daher scheint ein Abstand von 1,8 bis 2 Metern die realistischere Alternative. Das entspricht einem Faktor von 1,3 bis 1,5 zur Bildschirmdiagonalen. Die folgende Tabelle 1 zeigt einige gängige Größen von Fernsehern und deren empfohlener Abstand im 2D und 3D-Betrieb. Es wird dabei eine Auflösung von 1920 mal 1080 Pixeln vorausgesetzt.

Bildschirmdiagonale in Zoll und Meter	Abstand im 2D-Betrieb in Meter	Abstand im 3D-Betrieb in Meter
42“ / 1,06 m	1,57 m - 2,09 m	1,37 m - 1,57 m
46“ / 1,16 m	1,72 m - 2,29 m	1,50 m - 1,72 m
47“ / 1,19 m	1,76 m - 2,34 m	1,55 m - 1,76 m
50“ / 1,27 m	1,87 m - 2,49 m	1,65 m - 1,87 m
52“ / 1,32 m	1,94 m - 2,59 m	1,72 m - 1,94 m
55“ / 1,39 m	2,05 m - 2,74 m	1,81 m - 2,05 m
58“ / 1,47 m	2,17 m - 2,89 m	1,91 m - 2,17 m
60“ / 1,52 m	2,24 m - 2,99 m	1,98 m - 2,24 m

Tab. 1: Der Abstand zum Fernseher verringert sich im 3D-Betrieb[73]

[73] in Anlehnung an Pauler 2010

Anhand der Tabelle 1 lässt sich erkennen, dass mit zunehmender Displaygröße auch die Entfernung zum Fernseher steigt. Daher ist es besonders empfehlenswert auf ein größeres Modell zurückzugreifen. Diese sind jedoch auch dementsprechend teurer und benötigen mehr Platz.

4.4.2. Der Betrachtungsraum

Aufgrund der Voraussetzungen, die in den vorangegangenen Kapiteln erläutert wurden, ergeben sich auch für den Betrachtungsraum bestimmte Bedingungen. Am wichtigsten ist es, dass der Raum so gut wie möglich abgedunkelt wird. So wird nicht nur verhindert, dass störende Objekte im Augenwinkel weiter wahrgenommen werden, sondern auch, dass der Kontrast des Bildes zerstört wird. Im Kino ist das sowieso der Fall. Und im Heimbereich ist es daher besonders wichtig. Florian Friedrich vom AV T.O.P. Messlabor empfiehlt daher:

> „Alles, was man verdunkeln kann, muss man auch verdunkeln, weil die verbleibende Helligkeit so gering ist, dass jegliches Restlicht im Raum den Kontrast zerstören würde[74]."

Da die meisten Fernseher noch die Shutter-Technik einsetzen, kommen verschiedene Faktoren zusammen, die das Bild, gegenüber dem 2D-Betrieb, um bis zu 80 Prozent dunkler machen und somit einen lichtschwachen Raum benötigen. Da die Bilder für das linke und rechte Auge nacheinander dargestellt werden, unterbrechen einige Modelle das Signal zwischen den Bildern für kurze Zeit, um eine saubere Separation zu erreichen. Hinzu kommt, dass die eingesetzte 3D-Brille jenes Auge verdunkelt, welches gerade kein Bild bekommen soll. Somit gehen alleine schon beim Einsatz der Brillen 50 Prozent der Helligkeit verloren. Das hat ein Bild zu Folge, welches in hellen Räumen zu kontrastarm und blass erscheinen könnte.[75]

Außerdem sollte das Wohnzimmer so gestaltet werden, dass die Betrachter frontal vor dem Fernseher sitzen, da es sonst zu verzerrten Bildern führen kann, die das Gehirn interpolieren muss. Das kann sich dann durch Kopfschmerzen äußern. Daher sollte der Fernseher möglichst auf Augenhöhe und mit dem empfohlenem Abstand aus Kapitel 4.4.1. aufgestellt werden.

---

[74] Friedrich 2010

[75] vgl. ebenda

4.4.3. Die Betrachtungsquelle

Im Kino hat man je nach Projektionsverfahren die Wahl zwischen zwei Leinwandtypen. Das ist zum einem die weiße und zum anderen die silberbeschichtete Leinwand. Die klassische Leinwand wird beim Shutter-Verfahren und bei der Interferenzfiltertechnik eingesetzt. Beide Verfahren arbeiten mit teureren 3D-Brillen als bei der Polarisation und können, bei längeren Filmen, durch ihr Gewicht unangenehm werden. Jedoch haben silberbeschichtete Leinwände, wie sie bei der Polarisationstechnologie eingesetzt werden, den Nachteil, dass die Bilder, aufgrund des gebündelten Lichts, am Rand dunkler wirken können als in der Mitte. Allerdings sind die 3D-Brillen günstiger und leichter.[76] Wenn man also viel Wert auf Komfort legt, sollte ein Kino gewählt werden, welches die Polarisation des Lichts verwendet. Große Kinoketten bieten diese ohnehin als Einzige an. Daher ist die Auswahl der Betrachtungsquelle im Kino sehr beschränkt. Anders sieht es bei der Auswahl der 3D-Technik für den Privatanwender aus.

Für den Heimbereich ist derzeit das Shutter-Verfahren weit verbreitet. Das liegt vorrangig daran, dass es für die Hersteller leichter umzusetzen ist, ein Display zu verwenden, welches die beiden Teilbilder nacheinander darstellt. Dafür ist lediglich eine höhere Bildwiederholfrequenz notwendig. Jedoch arbeiten schon verschiedene Hersteller an der Umsetzung der Polarisationstechnologie für den Heimgebrauch, da diese flimmerfrei ist und im 3D-Betrieb eine gleiche Helligkeit bietet, wie im 2D-Betrieb. Zudem treten weniger Geisterbilder auf, wie es bei der Shutter-Technik durchaus vermehrt vorkommen kann. Das größte Problem bei der Polarisationstechnik stellt die Halbierung der Auflösung dar, da beide Teilbilder gleichzeitig gesendet werden.[77] Dem kann man entgegenwirken, wenn ein Displays mit höherer Auflösung verwendet wird. So ist sichergestellt, dass auch das 3D-Bild hochauflösend in HD gezeigt werden kann. Displays mit einer Auflösung bis 4K, dass heißt bis zu 4096 Spalten pro Bild[78], sind allerdings sehr teuer.[79] Die verschiedenen Hersteller liefern sich derzeit einen Wettlauf um die beste Technik für daheim.

---

[76] vgl. Janssen 2008, 73-74

[77] vgl. Heise.de (Hrsg.) 2011a

[78] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.i

[79] vgl. Heise.de (Hrsg.) 2011b

So will der Hersteller LG Electronics vermehrt die passive Polfiltertechnik einsetzen. Das Unternehmen bewirbt die neue Technik auch unter dem Gesundheitsaspekt. Da beide Teilbilder für das linke und rechte Auge gleichzeitig dargestellt werden, wird das Gehirn nicht unnötig belastet.[80] Die Polarisierung wird durch einen feinen Filter realisiert, der auf dem Display befestigt wird. Im 3D-Betrieb sorgt er dafür, dass die Teilbilder zeilenweise rechtsdrehend und linksdrehend, also zirkular, polarisiert werden. Um das sogenannte Crosstalk, also die unsaubere Trennung der Teilbilder, zu verhindern, werden zusätzlich lichtundurchlässige Streifen angebracht, die den störungsfreien Einblickwinkel vergrößern. Ein Nachteil dieser Verbesserung ist die zusätzliche Verdunkelung im 2D-Betrieb und die Betonung des Zeilenraster.

Um das zu verhindern, wird eine neue Technik eingesetzt, die jedes Pixel der Displays zum Teil abdunkelt und so die Streifenfolie ersetzt. Das ermöglicht es, Crosstalk zu verhindern und im 2D-Betrieb trotzdem die volle Helligkeit zu liefern, indem der abgedunkelte Teil des Pixels wieder „aktiviert" wird.[81] Das Prinzip dieser Technik wird in Abbildung 15 deutlich.

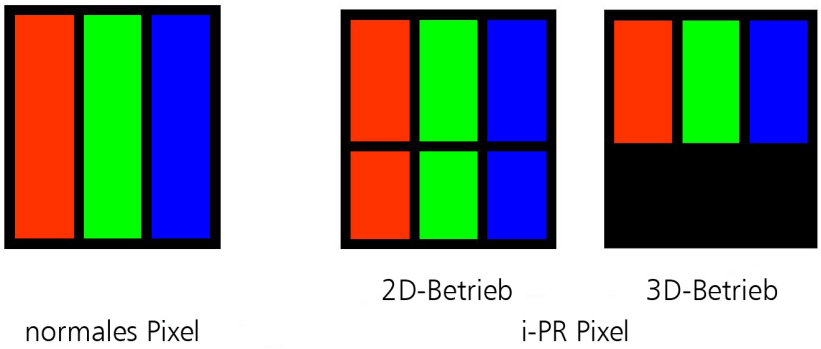

Abb. 15: Die i-PR Pixel ersetzen störende Folien auf dem Display[82]

Auf der rechten Seite ist das sogenannte i-PR (in cell black stripe Patterned Retarder) Pixel abgebildet, welches je nach Betriebsart voll oder nur teilweise „aktiviert" ist.

[80] vgl. Janssen/Kuhlmann 2011
[81] vgl. Kuhlmann 2011
[82] Kuhlmann 2011

Die Verfechter der Shutter-Technik, wie Panasonic oder Toshiba, arbeiten daran, das sogenannte Crosstalk der Displays zu verringern und die Helligkeiten im 3D-Betrieb zu verbessern. Abhilfe scheinen die neuen LC-Displays mit LED-Hintergrundbeleuchtung zu bieten. Dadurch wirkt das Bild heller und die Schaltzeiten verkürzen sich. Wenn die LEDs im 3D-Betrieb synchron zum Bildaufbau hell und dunkel geschaltet werden, wird die 3D-Wiedergabe noch schärfer. Am schnellsten arbeiten allerdings die Plasmabildschirme, da die Bildzellen eine viel kürzere Reaktionszeit haben, als bei normalen LC-Displays. Panasonic ist es gelungen, durch neue Phosphore mit noch kürzeren Nachleuchtzeiten und eine modifizierte Graustufenerzeugung, die Bildüberlappungen nochmals zu verringern.[83] Abbildung 16 verdeutlicht das neue Prinzip.

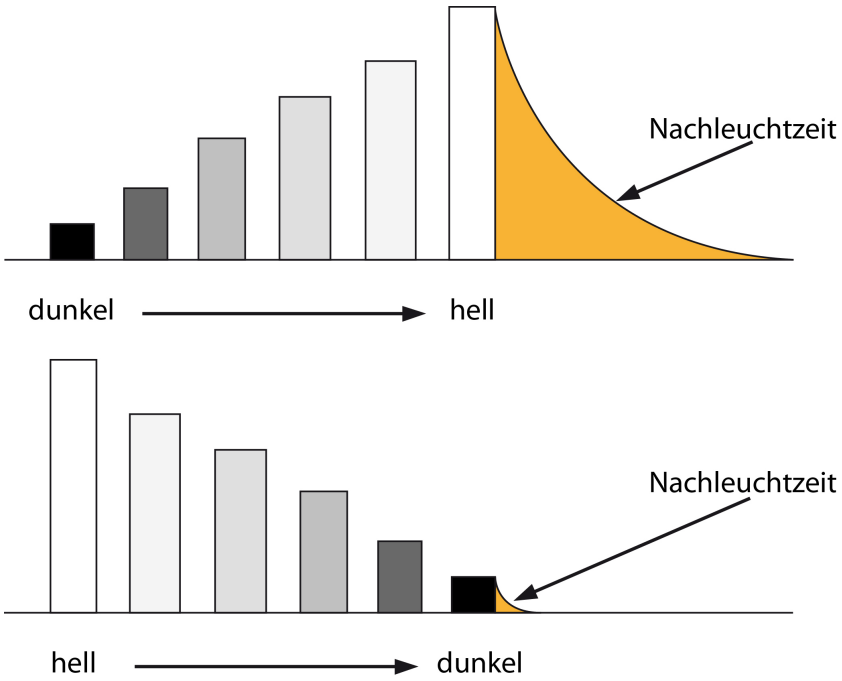

Abb. 16: Die Nachleuchtzeiten werden mit abnehmender Impulslänge der Graustufen kürzer[84]

In der oberen Grafik erkennt man die lange Nachleuchtzeit, die zum Crosstalk führen kann. Durch die abnehmende Steuerung der Impulslänge zur Graustu-

[83] vgl. Kuhlmann 2011

[84] ebenda

fenerzeugung, werden die Nachleuchtzeiten kürzer und Bildüberlappungen werden verringert. Der Nachteil ist hier allerdings die geringere Leuchtdichte im 3D-Betrieb, was zu weniger Kontrast und Helligkeit führt. Um die Helligkeit und den Kontrast zu erhöhen, werden von Toshiba neue LCD-Gläser mit einer hauseigenen Technologie, der „Optically Compensated Bend"-Technik, kurz OCB, entwickelt, die in den 3D-Brillen verbaut werden. Diese besitzen eine noch kürzere Schaltzeit mit gleichzeitig geringerem Stromverbrauch gegenüber normaler Shutter-Brillen. Das kommt dem Batterieverbrauch zugute. Jedoch ist die Herstellung teurer, welche nur durch höhere Stückzahlen kompensierbar wäre.

Auch brillenlose Varianten drängen immer mehr in den Vordergrund. So ist es Eizo gelungen, ein autostereoskopisches Display zu entwickeln, welches auch im 3D-Betrieb die volle HD-Auflösung zeigt. Mit einem LED-Hintergrundlicht, das aus zwei LED-Zeilen besteht, die abwechselnd im Takt mit den Bildern fürs rechte und linke Auge aufleuchten, und einem Linsenraster an der Lichtleitplatte, werden die Bilder an das linke und rechte Auge gesendet.[85] Toshiba arbeitet ebenfalls an brillenlosen Displays. Diese nutzen die Integral Imaging Technik, bei der die Szenen aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen oder in einem 3D-Programm berechnet werden. Diese Bilder werden dann am Display aus dem gleichen Blickwinkel ausgegeben. Somit wird eine leichte Rundumsicht erzeugt, wenn man sich vor dem Display hin- und herbewegt, was den räumlichen Eindruck realistischer macht. So ist es beispielsweise möglich, ein Objekt von vorne und aus bis zu 40 Grad von der Seite zu sehen und auch, was sich eventuell dahinter befindet.[86] Die Firma setzt sehr hochauflösende Bildschirme ein, die im 2D-Betrieb 3840 Spalten und 2400 Zeilen wiedergeben können. Da im 3D-Betrieb bis zu neun Ansichten erzeugt werden, von denen man das stereoskopische Bild erkennen kann, reduziert sich die Auflösung auf 1280 Spalten und 720 Zeilen.[87]

Da die Entwicklung der 3D-Technik noch nicht abgeschlossen ist und die Hersteller scheinbar keine einheitlichen Standards einführen wollen, bleibt die Wahl beim Verbraucher hängen. Der Kampf der Hersteller und das Anpreisen der eigenen Techniken verwirrt den Kunden zusätzlich und daher ist es nur schwer einzuschätzen, welche 3D-Technik zukunftssicher ist.

---

[85] vgl. Kuhlmann 2011

[86] vgl. Kuhlmann 2010 sowie Janssen/Kuhlmann 2011, 30-31

[87] vgl. Kuhlmann 2011

Aufgrund des Komforts scheint die Polarisationstechnik kundenfreundlicher und auf Dauer kostengünstiger zu sein. Die Shutter-Technik ist dagegen weit verbreitet und wird durch die verbesserten Displays und 3D-Brillen immer ausgereifter. Bei beiden Systemen stören sich die meisten Kunden an den Brillen, weshalb die autostereoskopischen Displays in Zukunft immer beliebter werden dürften. Gerade die Integral-Imaging-Technik von Toshiba kommt der natürlichen Wahrnehmung von Räumlichkeit am nächsten.

4.5. Der falsche Tiefeneindruck

Ein weiteres Problem der herkömmlichen 3D-Technik ist der falsche Tiefeneindruck. Damit ist die einfache Tatsache gemeint, dass auf einer 2D-Leinwand keine dritte Dimension, die Tiefe, dargestellt werden kann. Objekte bewegen sich scheinbar in der Tiefe des Raumes, jedoch wirken sie meist flach und es lässt sich nicht um sie herum schauen. Der Blick von der Seite fehlt, was zu einer falschen räumlichen Wahrnehmung führen kann.

Das rührt vor allem daher, dass den Objekten Tiefeninformationen fehlen. Eine Kugel wird beispielsweise mit einem Stereorig von zwei leicht unterschiedlichen Perspektiven gefilmt. Dabei entstehen zwei Bilder, die für sich allein betrachtet zweidimensional sind und keine Tiefe enthalten. Durch die Zusammenführung der Bilder zu einem 3D-Bild erscheint die Kugel zwar räumlich, aber nur in Relation zu anderen Objekten oder der Leinwand. Die Kugel selbst wird nicht räumlich. Das heißt, der Betrachter kann nicht durch eine leichte Neigung des Kopfes oder des ganzen Körpers die Seiten der Kugel sehen oder was sich dahinter befindet. Diese Tatsache könnte vor allem für Kinder problematisch werden, da diese noch die Gesetze der räumliche Wahrnehmung erlernen müssen. Die Lösung des Herstellers Toshiba, die in Kapitel 4.4.3. erläutert wird, stellt einen Anfang in die richtige Richtung dar. Ideal wäre es aber, wenn die Objekte wirklich dreidimensional wiedergegeben werden. Dafür müssten die Bildpunkte nicht nur auf der Leinwand liegen sondern auch in der Tiefe des Raumes. Dabei spricht man von einem sogenannten Volumendisplay oder einem Hologramm.

Bei einem Volumendisplay wird ein Gas in drei Dimensionen zur Fluoreszenz gebracht, indem es von einem sich kreuzendem System aus Laserstrahlen angeregt wird[88]. In einem solchen Display spricht man anstelle von Pixeln über Voxel, die einen definierten dreidimensionalen Raum einnehmen können und

[88] vgl. Schmidt 2009, 498

sich einzeln verfärben. Diese erzeugen in der Menge einen Körper, den man von allen Seiten betrachten kann.[89] Sony hat unterdessen ein Display entwickelt und vorgestellt, welches eine Rundumsicht beliebiger Objekte ermöglicht. Diese werden entweder von einem 3D-Programm erzeugt oder vorher mit einem speziellem Kamerasystem von allen Seiten gefilmt. Die 360 Bilder, die für eine dreidimensionale Darstellung nötig sind, werden dann in Echtzeit an das Display geschickt und mit leuchtenden Dioden, also LEDs (Light Emitting Diode), erzeugt.[90]

Der Nachteil solcher Displays ist schlicht die Größe, die sie einnehmen würden, wenn sie als geschlossenes System angeboten werden. Denn entgegen der modernen Entwicklung und der Wünsche der Kunden, wären solche Displays sehr platzaufwändig. Das System von Sony ist wegen der LEDs ein physikalisches Objekt und hätte im Wohnzimmer, aufgrund von Platzmangel, keine Zukunft. Daher wären Lösungen sinnvoller, die das dreidimensionale Bild in den Raum, also ins Wohnzimmer oder Kino, hineinprojizieren und kein geschlossenes System darstellen. Ein zur Fluoreszenz gebrachtes Gas ist in der Hinsicht realistischer, dürfte aber noch lange auf sich warten lassen.

4.6. Einschränkungen durch Hilfsmittel

Die meisten stereoskopischen Erlebnisse sind nur mit Hilfsmitteln wie die lästige 3D-Brille erlebbar. Abhilfe schaffen wohl nur die autostereoskopischen Displays. Laut mehrerer Hersteller wird aber eine Marktreife nicht vor 2015 erreicht werden[91]. Daher müssen die Verbraucher auf die Shutter- oder Polarisationsbrillen zurückgreifen und leiden zum einen unter den hohen Preisen und zum anderen unter der Inkompatibilität zwischen den vielen Systemen. Dieses Problem haben Firmen wie XpanD oder Volfoni erkannt und entwickelten universelle Brillen für sämtliche Hersteller und decken die meisten Verfahren ab. Diese unterstützen diverse Infrarot- und auch Funktechniken und können über Updates auf neue 3D-Fernseher eingestellt werden. Zudem haben die Universalbrillen zirkular polarisierende Filter eingebaut und sind daher auch mit dem RealD-Verfahren und den kommenden Polarisations-Fernsehern kompatibel.[92]

---

[89] vgl. Wikipedia.org (Hrsg.) o.J.j

[90] vgl. Donath 2009

[91] vgl. Janssen/Kuhlmann 2011, 30

[92] vgl. ebenda

4.7. Die Vision des Regisseurs

Der Beruf des Regisseurs ist nicht einfach. Er ist der Visionär, der dem Film einen Stempel aufdrückt. Er nutzt dabei Stilmittel, die ihm besonders zusagen, der Dramaturgie dienen und eine Art Fingerabdruck seiner Arbeit darstellen. Und er ist es meist auch, der heutzutage entscheidet, ob der Film ausschließlich oder zusätzlich in 3D produziert werden soll. Doch nicht für jeden Film ist es sinnvoll, in 3D gedreht, oder nachträglich in die dritte Dimension konvertiert zu werden. Eine schnulzige Liebesgeschichte oder ein Drama kann sehr gut auf Stereoskopie verzichten. Es sind meist die lustigen Animationsfilme für Kinder, Actionfilme oder Fantasie-Spektakel, die in 3D angeboten werden. Jedoch kommen mit der dritten Dimension auch Einschränkungen, die der Regisseur bei den Vorbereitungen und Dreharbeiten beachten muss. Er muss für die neue Art des Filmemachens umdenken und die neuen Umstände beachten.

Als wichtigstes wäre wieder das Thema aus Kapitel 4.1. zu nennen. Die Schärfentiefe ist ein beliebtes Spielzeug der Regisseure, um den Blick des Zuschauers auf das Wesentliche zu lenken und vom Hintergrund zu trennen. Vielleicht sind auch Schärfenverlagerungen geplant, die den Blick von einem hinteren Objekt auf ein Vorderes schweifen lassen. Hinzu kommt, dass eine Verlagerung der Schärfe oder der Einsatz einer kleinen Schärfentiefe, dem Zuschauer eine räumliche Tiefe vermittelt. So erklärt Tereza Smid von der Universität Zürich:

> „Geringe Schärfentiefe hat also nicht notwendigerweise eine Inszenierung in geringer Raumtiefe zur Folge. Ganz im Gegenteil überträgt die Schärfenverlagerung die Raumwirkung am ehesten dann, wenn Objekte in der Tiefe des Raums angeordnet sind. Neben dem Kontrast zwischen Schärfe und Unschärfe entsteht auch aus dem Kontrast zwischen Flächenhaftigkeit und Tiefe visuelle und emotionale Spannung."[93]

Aber gerade die unscharfen Bereiche des Bildes sorgen im 3D-Film für Probleme, die dem Zuschauer unbewusst übermäßige Anstrengungen abverlangen und Kopfschmerzen auslösen. Daher sollte auf diese Stilmittel verzichtet werden. Abbildung 17 zeigt zwei Bilder einer Schärfenverlagerung aus dem Film Spider-Man von Sam Raimi aus dem Jahre 2002.

[93] Smid 2008, 222

Abb. 17: Die Schärfe verlagert sich von der Menschengruppe auf das Spinnennetz[94]

In der Szene verlagert sich die Schärfe von der Gruppe Menschen auf das Spinnennetz mit der Spinne. Würde man diese Szene in 3D darstellen, würde das Netz plötzlich aus dem Nichts und zudem noch räumlich, weit aus der Leinwand ragend, auftauchen. Das könnte für den 3D-Effekt spektakulär wirken, würde aber bei vermehrter Anwendung einen falschen Eindruck von Realität vermitteln. Gerade bei Kleinkindern, könnte das problematisch werden.

Die Stereoskopie vermittelt den Eindruck einer realen Umgebung mit natürlichen Gesetzen und Grenzen. Bedingt durch das Ende der Leinwand, ist es leider nicht verhinderbar, der Filmwelt eine Grenze aufzuzwingen. Für den 3D-Film wirkt sich das aber nachteilig aus. Da erscheint es einem meist störend, wenn ein Objekt angeschnitten dargestellt wird und sich zusätzlich nicht auf der selben Ebene wie die Leinwand befindet.

[94] Raimi 2002

So entsteht der Eindruck, es schwebe ein halber menschlicher Kopf im Raum. Der Regisseur und Kameramann Florian Bayer fasst dieses Problem in einem Kommentar über die 3D-Technik treffend zusammen:

> „Der Rahmen der Leinwand gibt dem Film klare Grenzen, an dem sich der Rezipient orientieren kann. Gleichzeitig steckt in der Kadrierung auch immer ein Versprechen nach mehr. Mit dieser Technik arbeiten Horrorfilme ebenso wie Thriller und Dramen. Wir sehen nur einen Bruchteil des fiktiven Geschehens, wissen aber, das darüber hinaus weitaus mehr geschieht. So wird Spannung, Suspense und Aufregung erzeugt. Der 3D-Effekt kann diese Kadrage zwar erweitern, nicht jedoch sprengen, wie es in den derzeitigen Filmen allzu oft versucht wird. Sobald der Bruchteil eines Objektes – sei es nun ein Raum, eine Pflanze oder gar ein Mensch – aus der Leinwand hervortritt, verdeutlicht er ihre Grenzen. Der Zuschauer wird im Vergleich zur zweidimensionalen Kadrage stärker mit dem Wunsch konfrontiert, den Körper in seiner Gesamtheit zu sehen. Ein Wunsch, den ihm die Leinwand nicht erfüllen kann.“[95]

Bei einem beliebten Stilmittel kommt dieses Problem besonders zum Tragen. Es ist die sogenannte „Schuss-Gegenschuss“-Technik bei Dialogen. Die Protagonisten werden im Dialog gegenübergestellt und die Ansichten wechseln zwischen den beiden Gesprächspartnern. Um das Verhältnis der Protagonisten zueinander und zum Raum zu beschreiben, wird die gegenüberstehende Person leicht angeschnitten. So ist erkennbar, wer sich unterhält. Abbildung 18 zeigt eine solche Situation aus dem Film Spider-Man.

Abb. 18: Der Gesprächspartner wird angeschnitten dargestellt[96]

[95] Bayer 2010

[96] Raimi 2002

Wäre der Film in 3D, stünde der Gesprächspartner räumlich näher an der Kamera und somit auch vor der Ebene der Leinwand. Um störende Effekte zu vermeiden wäre es in dieser Szene besser, den Protagonisten nicht anzuschneiden, sondern den Kopf komplett ins Bild zu stellen. Zusätzlich sollte aber auch hier die Schärfe erhalten bleiben. Um Abwechslung zu schaffen, kann man auch ganz auf den Gesprächspartner im Bild verzichten und wechselnde Nahaufnahmen der beiden Personen wählen. Jedoch sollte dabei der Kopf vollständig zu sehen sein.

Ein weiteres Stilmittel, der Schnitt, kann eine Szene individuell gestalten. Viele Schnitte in kurzer Zeit sorgen für Schnelligkeit, wogegen sparsam eingesetzte Blickwechsel eine gewisse Ruhe und Spannung erzeugen. Sicherlich sollten beim Schnitt nicht so starke Abstriche gemacht werden. Dennoch ist darauf zu achten, dass in besonders aktionsreichen Szenen die wichtigsten Elemente des Bildes möglichst nah auf der Leinwandebene liegen. So verhindert man, dass in den Raum ragende Elemente vor den Gesichtern der Zuschauer herumschwirren, schnell auftauchen, wieder verschwinden und so verwirren. Daher hilft entweder eine kleine Stereobasis beim Dreh oder der komplette Verzicht auf 3D in schnellen Szenen.

Die behandelten Stilmittel decken sicherlich nur einen Bruchteil aller gestalterischen Verfahren im modernen Kino ab. Jeder muss bei der Verwendung stereoskopischer Aufnahmen umdenken und abwägen, inwiefern die Methoden aus der zweidimensionalen Bildgestaltung funktionieren. Dabei kann es hilfreich sein, sich weniger an Kunst und Fotografie zu orientieren, sondern den Vergleich mit der Natur selbst zu suchen. Den sie ist es, die der 3D-Film imitieren soll.

5. Ausblick und Fazit

Bis hierher behandelten die letzten Kapitel die aktuelle Situation der 3D-Technik, sowie die Probleme und wie man diese minimieren kann. Doch wie sieht es in der Zukunft aus? Damit der moderne, dreidimensionale Film keine Neuauflage der „stereoskopischen 50er Jahre" wird, kann man über mögliche Lösungen sprechen, die das Erlebnis auch in Zukunft beliebter und für die Augen des Betrachters sicherer machen.

Eins ist klar: Ohne die lästigen 3D-Brillen wären die Erfolgsaussichten wesentlich besser. Vor allem an dem dunklen Bild und dem Gewicht durch die Batterien stören sich die Kunden.[97] Da viele Menschen ohnehin schon eine Brille tragen, ist es nicht nur unangenehm eine zweite Brille auf die Nase zu setzen, sondern sieht auch noch albern aus. Und wären die Brillen nicht sowieso schon störend, werden sie meistens nur in kleiner Stückzahl oder gar nicht mit dem Fernseher ausgeliefert. Der Kunde kauft sich also eine neue Technik und kann sie nur durch Zusatzausgaben von mehreren hundert Euro mit der Familie und Freunden teilen.[98]

Doch sind die brillenlosen Bildschirme wirklich besser? Auch hier ist es dem Betrachter leider vergönnt, das Bild von der Seite zu erhaschen und er bekommt stets das von der Kamera forcierte Bild der Szene zu sehen. Ganz egal ob er den Kopf neigt oder nicht, bleibt das Bild gleich. Das Gehirn des aufmerksamen Betrachters erkennt den Schwindel und bekommt dabei ein Gefühl von Schwindel oder Kopfschmerzen. Der Effekt ist spätestens dann komplett zerstört und führt zu einem enttäuschenden Kinoerlebnis. Auch wenn es schon einzelne Geräte mit Integral Imaging Technik gibt, hört die Rundumsicht spätestens am Rand des Bildschirms auf. Hinzu kommen die Menschen, die gar nicht in der Lage sind, Räumlichkeit wahrzunehmen. Sie sind es, die immer auf die 2D-Variante zurückgreifen müssen, wenn es denn in Zukunft noch eine geben sollte.

Zusammen mit denen, die sich den Aufpreis schlicht nicht leisten können oder wollen, könnte das auf Dauer die Achillesferse der 3D-Technik werden. Aber nicht nur dem Zuschauer werden Mehrkosten abverlangt. Auch die Produktion mit stereoskopischen Kamerastativen und die nachträgliche Postproduktion ist bedeutend teurer und aufwendiger als normale Filmaufnahmen.

---

[97] Janssen 2010

[98] vgl. Mayer 2011

Daher greifen viele Filmstudios auf eine nachträgliche Konvertierung in 3D zurück und liefern meist schlechtere Ergebnisse ab, als es ein Stereorig mit geschultem Kameramann geleistet hätte. Wenn man sich trotz der Kritiken einen 3D-fähigen Fernseher zugelegt hat, steht man vor den nächsten Einschränkungen. Nicht nur die Position, sondern auch die Größe des Bildschirms muss gut durchdacht sein. Vielen fehlt es an dieser Stelle einfach an Platz.[99] Stellt sich also die Frage, ob es 3D noch 10, 20 oder 50 Jahren geben wird. Besonders auf die Unterstützung der Kunden ist man hier angewiesen. Wenn diese nicht durch brauchbare Techniken und gutem Inhalt überzeugt werden, bleiben die Hersteller auf ihren Geräten sitzen.

Auch die Medien stehen der Technik noch skeptisch gegenüber. Kritiker wie Roger Ebert sind sich sogar sicher, dass der 3D-Film, wie er derzeit produziert und gezeigt wird, tot sei:

> „Was mich anbelangt, so ist die Diskussion über 3D abgeschlossen. Es funktioniert nicht mit unseren Gehirnen und es wird niemals funktionieren. Die Vorstellung, dass wir Premium-Preise bezahlen sollen, um ein minderwertiges und von Natur aus für das Gehirn verwirrendes Bild zu sehen, ist ungeheuerlich. Der Fall ist abgeschlossen."[100]

Er stört sich vorrangig an der Flachheit der Leinwand. Und genau diese Flachheit muss verschwinden. Ich würde nicht gleich behaupten, die Technik hätte keine Chance. Dafür hat sie zu viel Potenzial. Ein Ansatz wäre es zum Beispiel, die Leinwand zu biegen und den Zuschauer so in die 3D-Welt eintauchen zu lassen[101]. Ein anderer stellt die Holografie oder das Volumendisplay dar. Sie sind es, die am Entwicklungsende der 3D-Technik stehen. Wahrscheinlich werden erst dann alle Kritiker besänftigt sein, da weder Hilfsmittel gebraucht werden, noch unangenehme Nebenwirkungen auftreten.

Jedoch muss beim Einsatz der räumlichen Projektion im Bereich der Bildgestaltung vollkommen umgedacht werden. Die Filmszene müsste mit etlichen Kameras gefilmt werden, die im Kreis um die Darsteller positioniert werden. Allerdings würde man dadurch keine Trennung der einzelnen Objekte im Bild erreichen. Denkbar wäre es demnach, die Szene mit Lasern abzutasten und die Daten durch ein 3D-Programm in ein räumliches Modell umzuwandeln. Bei diesem Verfahren währen aber alle Filme eine bloße Animation.

---

[99] vgl. Mayer 2011

[100] Ebert 2011

[101] vgl. Bayer 2010

Gestalterisch würde sich auch einiges ändern. Die Personen oder Objekte anzuschneiden, wie es bei Dialogen und Nahaufnahmen üblich ist, würde seltsam wirken und so muss es irgendwie gelingen, eine Welt zu schaffen, die scheinbar keine Grenzen besitzt. Das hätte zur Folge, dass dauerhaft nur kurze Brennweiten gewählt werden und keine Details mehr erkennbar sind. Die klassischen Stilmittel der 2D-Filme würden nicht funktionieren.

Erst wenn die Holografien flimmerfrei, in Echtzeit und hochauflösend sind, wird eine neue Ära der 3D-Technik beginnen. Genau wie in „Star Wars" von George Lucas werden Bilder und Aufzeichnungen in den Raum projiziert. Sei es auf der Straße als Werbung oder in der Kommunikation als Ersatz für die klassische Videotelefonie. Ganze Telefonkonferenzen könnten stattfinden, in denen die Gesprächspartner scheinbar im Raum stehen. Man taucht in die Welt der dreidimensionalen Wiedergabe ein. Der klassische Fernseher wäre nur noch eine Randerscheinung und selten im Wohnzimmer zu finden. Stattdessen stehen kleine Sender im Raum, die durch Laser und transparentem, fluoreszierendem Gas, die Schauspieler in den Raum schicken. Der Film wirkt fast wie ein Theaterstück und einzig der zeitlose Ablauf durch Schnitte und schnelle Szenenwechsel unterscheidet ihn noch von einer Bühnenvorführung.

Doch bis es dazu kommt, werden noch viele Jahre vergehen, in denen eifrig an der Umsetzung des perfekten dreidimensionalen Erlebnis gearbeitet wird. Gut möglich, dass zwischenzeitlich wieder ein Bruch entsteht und die Technik in den Schatten einer anderen, aufregenden Errungenschaft fällt. So, wie die Technik derzeit angeboten wird, ist sie einfach noch zu unausgereift und deckt sich nicht mit den natürlichen Vorgaben der menschlichen Evolution. Der klassische 2D-Film würde nach meiner Meinung trotz der neuen Technik fortbestehen. Der künstlerische Anteil und die Möglichkeiten des Spannungsaufbaus durch zweidimensionale Stilmittel ist zu groß, um einfach unter den Tisch gekehrt zu werden. Daher ist die stereoskopische Darstellung nicht als Ersatz für Alteingesessenes anzusehen, sondern als ein Zugewinn für neue Wege der Kommunikation und Gestaltung.

Literaturverzeichnis

Bücher

Pietsch, Werner: Stereofotografie. Die theoretischen Grundlagen der Stereoskopie, Einführung in die Fototechnik und praktische Ratschläge für die Aufnahme., Berlin 1958

Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik. Grundlagen, Filmtechnik, Fernsehtechnik, Geräte- und Studiotechnik in SD, HD, DI, 3D. 5, Bremen 2009

Smid, Tereza: Zwischen Schärfe und Unschärfe., Zur räumlichen Dimension der Schärfenverlagerung.,
In: von Arburg, Hans-Georg (Hrsg.): Mehr als Schein., Ästhetik der Oberfläche in Film, Kunst, Literatur und Theater., Zürich 2008

Zeitschriften

Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. Neuer Anlauf für Stereoskopie im Kino.
In: c't magazin für computer technik, 16/21.07.2008, 72-75

Janssen, Jan-Keno/Kuhlmann, Ulrike: Alles smart – und in 3D.,
In: c't magazin für computer technik, 3/17.01.2011, 26-31

Landsiedel, Timo: Stereo für die Augen.
In: Zoom – Das Magazin der Filmemacher, 01/10, 26-33

Mayer, Dominik: Zehn Hindernisse, die das Aus für 3D bedeuten könnten.,
In: CHIP, 02/2011, 18

Müller, Christian (V.i.S.d.P.): Fehler im 3D-Signal: Crosstalk, Ghosting, Doppelkonturen., Auch wenn die Technik bei allen Geräten im Prinzip gleich ist, schwankt die 3D-Leistung sichtbar von Modell zu Modell.,
In: SFT – Spiele, Filme, Technik, 12/10, 30

Schmidt, Christoph: 3D ohne Brille.,
In: CHIP, 03/2011, 56-57

Weidhase, Florian: Unterhaltung in der dritten Dimension.,
In: SFT – Spiele, Filme, Technik, 12/10, 23-24

Filme

Raimi, Sam (Regie): Spider-Man., 2002

Tarantino, Quentin (Regie/Drehbuch): Reservoir Dogs – Wilde Hunde., 1992

Welles, Orson (Regie/Drehbuch): Citizen Kane., 1941

Internetquellen

auge-online.de (Hrsg.): Das Gesichtsfeld.,
http://www.auge-online.de/Diagnostik/Gesichtsfeld/gesichtsfeld.html
Stand: 06.05.2010, abgerufen am 26.01.2011

Bayer, Florian: 3D-Kino – Zukunft oder Eintagsfliege? – Teil 2.,
http://seite360.de/2010/05/10/3d-kino-zukunft-oder-eintagsfliege-teil-2,
Stand: 10.05.2010, abgerufen am 08.02.2011

Donath, Andreas: Sony stellt 3D-Display zum Umherwandern vor., 360-Grad-Bildschirm mit geringer Auflösung.,
http://www.golem.de/0910/70686.html,
Stand: 26.10.2009, abgerufen am 01.02.2011

Ebert, Robert: Why 3D doesn't work and never will. Case closed.,
http://blogs.suntimes.com/ebert/2011/01/post_4.html,
Stand: 23.01.2011, abgerufen am 08.02.2011

Friedrich, Florian: Was bringt das neue 3D-Fernsehen?,
http://www.digital-room.de/video/bringt-neue-3d-fernsehen → Video, Interview im Video,
Stand: 15.06.2010, abgerufen am 12.01.2011

Gerber, Maria: 3D-Filme können Kopfschmerzen auslösen.,
http://www.welt.de/gesundheit/article5809237/3D-Filme-koennen-Kopf schmerzen-ausloesen.html,
Stand: 11.01.2010, abgerufen am 19.01.2011

Heise.de (Hrsg.): 3D-Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz.,
http://www.heise.de/ct/artikel/3D-Kinos-in-Deutschland-Oesterreich-und-der-Schweiz-301476.html,
Stand: 21.10.2010a, abgerufen am 08.12.2010

Heise.de (Hrsg.): 3D-Fernsehen im Multiuser-Modus.,
http://www.heise.de/newsticker/meldung/3D-Fernsehen-im-Multiuser-Modus-1068871.html,
Stand: 28.08.2010b, abgerufen am 19.12.2010

Heise.de (Hrsg.): 3D ohne Brille von Toshiba.,
http://www.heise.de/ct/meldung/3D-ohne-Brille-von-Toshiba-1101167.html,
Stand: 04.10.2010c, abgerufen am 17.12.2010

Heise.de (Hrsg.): 3D flimmerfrei und preiswert.,
http://www.heise.de/ct/meldung/3D-flimmerfrei-und-preiswert-1165787.html,
Stand: 08.01.2011a, abgerufen am 20.01.2011

Heise.de (Hrsg.): 3D-Technik: Polarisation oder Shutter.,
http://www.heise.de/ct/meldung/3D-Technik-Polarisation-oder-Shutter-1165830.html,
Stand: 09.01.2011b, abgerufen am 20.01.2011

Hoffmann, David M./Girshick, Ahna R. et al.: Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue.,
http://www.journalofvision.org/content/8/3/33.full
Stand: 28.03.2008, abgerufen am 11.01.2011

INFITEC GmbH (Hrsg.): Farbkorrekturlösungen der INFITEC GmbH.,
http://www.infitec.de/leistungen/farbkorrektur
Stand: 2010, abgerufen am 18.01.2011

Janssen, Jan-Keno/Kuhlmann, Ulrike: Krank durch 3D., Welche Risiken birgt Stereoskopie?,
http://www.heise.de/ct/artikel/Krank-durch-3D-993788.html,
Stand: November 2010, abgerufen am 08.01.2011

Janssen, Jan-Keno: 3D: Gekommen um zu bleiben?,
http://www.heise.de/ct/artikel/3D-Gekommen-um-zu-bleiben-1073733.html,
Stand: 07.09.2010, abgerufen am 08.02.2011

Kind, Philipp/Rampacher, Carsten: SPECIAL: Alles Wissenswertes über die 3D-Darstellung von Bewegtbildern.,
http://www.areadvd.de/hardware/2010/3d.shtml,
Stand: 2010, abgerufen am 15.12.2010

Kuhlmann, Ulrike: Dreidimensionale Spaziergänge mit Integral-Imaging-Displays.,
http://www.heise.de/newsticker/meldung/Dreidimensionale-Spaziergaenge-mit-Integral-Imaging-Displays-1010540.html,
Stand: 29.05.2010, abgerufen am 02.02.2011

Kuhlmann, Ulrike: Neue 3D-Techniken.,
http://www.heise.de/ct/artikel/Neue-3D-Techniken-1162198.html,
Stand: 02.01.2011, abgerufen am 02.02.2011

Lechner, Gabriele: 3D-Autostereoskopie.,
http://stereo-3d-film.de/3d-autostereoskopie.html,
Stand: 2010, abgerufen am 19.12.2010

Mattgey, Rupert: Kritiker-Legende Roger Ebert: "Der 3D-Film ist tot!",
http://www.chip.de/news/Kritiker-Legende-Roger-Ebert-quot-Der-3D-Film-ist-tot-quot_46957165.html,
Stand: 26.01.2011, abgerufen am 08.02.2011

OcuNet.de (Hrsg.): Wie Kinder sehen lernen.,
http://ocunet.de/paticuten/sehenlernen.html,
Stand: o.J., abgerufen am 09.12.2010

Pauler, Wolfgang: Alles eine Frage des Abstandes., TV-Tipps: Der optimale Sitzabstand zum Fernseher.,
http://www.chip.de/artikel/TV-Tipps-Der-optimale-Sitzabstand-zum-Fernseher_43008461.html,
Stand: 21.05.2010, abgerufen am 26.01.2011

pstechnik.de (Hrsg.): 3D Recording Basics.,
http://www.pstechnik.de/en/3d-basics.php,
Stand: o.J., abgerufen am 03.12.2010

SPOMEDIAL (Hrsg.): Gesichtsfeld und peripheres Sehen.,
http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e8554/e8574/e8610/e8656,
Stand: 18.09.2009, abgerufen am 26.01.2011

stereotec.com (Hrsg.): Technologien für das 3D-Kino.,
http://www.stereotec.com/PP_09-08_Stereoskopie_Teil2.pdf,
PDF-Dokument, Stand: 2010, abgerufen am 18.01.2011

Technicolor.com (Hrsg.): FAQ,
http://www.technicolor.com/en/hi/3d/3d-in-the-theatre/europe → FAQ,
da sich die URL leider nicht ändert, wenn man dem Link FAQ folgt,
Stand: o.J., abgerufen am 08.12.2010

Westermann, Nico (Hrsg.): 3D-Techniken.,
http://www.kinos3d.de/ueber-3d-kino/3d-techniken
Stand: o.J., abgerufen am 10.12.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Blinder Fleck (Auge).,
http://de.wikipedia.org/wiki/Blinder_Fleck_(Auge),
Stand: o.J.a, abgerufen am 23.11.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Raumwahrnehmung.,
http://de.wikipedia.org/wiki/Raumwahrnehmung,
Stand: o.J.b, abgerufen am 26.11.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Schielen.,
http://de.wikipedia.org/wiki/Schielen,
Stand: o.J.c, abgerufen am 09.12.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Augenabstand.,
http://de.wikipedia.org/wiki/Augenabstand,
Stand: o.J.d, abgerufen am 15.11.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Kaiserpanorama.,
http://de.wikipedia.org/wiki/Kaiserpanorama,
Stand: o.J.e, abgerufen am 15.11.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Farbfernsehen
http://de.wikipedia.org/wiki/Farbfernsehen,
Stand: o.J.f, abgerufen am 01.12.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Raumbildprojektion., Interferenzfiltertechnik.,
http://de.wikipedia.org/wiki/Raumbildprojektion#Interferenzfiltertechnik
Stand: o.J.g, abgerufen am 15.12.2010

Wikipedia.org (Hrsg.): Citizen Kane.,
http://de.wikipedia.org/wiki/Citizen_Kane,
Stand: o.J.h, abgerufen am 09.01.2011

Wikipedia.org (Hrsg.): 2K (Film).,
http://de.wikipedia.org/wiki/2K_(Film),
Stand: o.J.i, abgerufen am 20.01.2011

Wikipedia.org (Hrsg.): Volumendisplay.,
http://de.wikipedia.org/wiki/Volumendisplay
Stand: o.J.j, abgerufen am 01.02.2011

Zumkeller, Markus: Was bringt das neue 3D-Fernsehen?,
http://www.digital-room.de/video/bringt-neue-3d-fernsehen → Video,
Interview im Video,
Stand: 15.06.2010, abgerufen am 12.01.2011

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Teile, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde noch nicht veröffentlicht oder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Berlin, 20.02.2010