

HDR und die Zukunft der Kinoprojektion

Dieser Artikel untersucht mittels praktischer Messungen vor Ort welche Kontrastverhältnisse in herkömmlichen Kinos bei klassischer Bildprojektion auf eine Leinwand erzielt werden können. Dabei wird zwischen der Reduktion des Kontrasts durch Lichtquellen im Raum und der Limitation des Kontrasts durch Rückreflektion des auf die Leinwand projizierten Bildes unterschieden. Auch wird der Einfluss des Publikums auf den maximal erzielbaren Raumkontrast untersucht.

1. Einleitung

Seit dem Beginn der filmischen Projektion hat das Kino mit stetiger Neuentwicklung seine technische Überlegenheit gegenüber dem wesentlich jüngeren Medium Fernsehen behauptet. Durch die frühen Innovationen in der Kintotechnik, wie den Ton- und Farbfilm, das stereoskopische Seherlebnis, Breitbildformate sowie Stereoton, war Kino über Jahrzehnte das Medium mit der höchsten Bildqualität.

Seit Mitte der 2000er Jahre stagnieren die Innovationen im Kinobereich und das Heimkino erfährt eine zunehmend wichtige Rolle für Produktentwicklungen. Es zeichnet sich ab, dass

das Kino in Zukunft nicht mit den Technischen Innovationen des Fernsehen Schritt halten können wird. Techniken wie Wide Color Gamut (WCG) und High Dynamic Range (HDR) sind zwar schon im Elektronik-Markt um die Ecke zu bewundern, aber nur eine Handvoll Kinos in Europa unterstützt die WCG- oder HDR-Wiedergabe. Dieser Beitrag untersucht in Hinblick auf HDR, welche Kontrastwerte im Kino bei idealer Projektionstechnik erreichbar sind.

1.1 Digitalisierung des Kinos

1999 wurde mit „Star Wars – Episode 1“ der erste Film in einer bis dahin noch jungen Technik, der digitalen Projektion, der Öffentlichkeit vorgeführt. Bereits 2013 vermeldete Screen Digest, dass zum Ende des laufenden Jahres 90 % der Kinoleinwände weltweit digitalisiert sein würden.¹⁾ Was damals noch auf zwei Leinwänden begann, entwickelte sich innerhalb weniger Jahre zu einem kompletten technischen Wandel in allen Bereichen der Kinoproduktion, welche bis jetzt auch die Kinos selbst vor eine Herausforderung stellt. Um diesen neuen Möglichkeiten eine einheitliche Basis zu geben, wurde 2002 von den sieben Major-Studios die Digital Cinema Initiative LLC (DCI) ins Leben gerufen, um Standards für die digitale Distribution zu definieren.

„The primary purpose of DCI is to establish uniform specifications for Digital Cinema. These DCI member companies believe that the introduction of Digital Cinema has the potential for providing real benefits to theater audiences, theater

owners, filmmakers and distributors. DCI was created with recognition that these benefits could not be fully realized without industry-wide specifications.“²⁾

Dieser Beitrag befasst sich mit zwei Teilaspekten dieser Spezifikationen: dem projizierten Kontrastverhältnis sowie der Projektionsumgebung. Zentrale Angelpunkte für die verbesserte Darstellung von Inhalten sind aktuell „Wide Color Gamut“ (WCG), „High Frame Rate“ (HFR) sowie „High Dynamic Range“ (HDR), wobei HDR als der vielversprechendster Parameter gilt, um ein qualitativ besseres Bild in der Unterhaltungstechnik zu erzeugen.³⁾ Mit der Einführung von verbesserten Projektionstechniken soll es erstmals im Bereich des digitalen Kinos möglich werden, Kontrastverhältnisse von 1.000.000 : 1 und darüber hinaus darzustellen.⁴⁾

Die Grenzen der HDR Projektion liegen aber nicht nur allein in dem vom Projektor darstellbaren Kontrastverhältnis, sondern vor allem auch in der Projektionsumgebung und dem Raumkontrast, welche durch Rückreflektionen im Raum in Form von Streulicht, Umgebungslicht und Reflektion an der Raumausstattung beeinflusst werden. Letzteres hat einen direkten Einfluss auf das tatsächliche Kontrastverhältnis der Projektion.

Ziel der Arbeit ist es, die Limitationen des Raumes in Hinblick auf das Kontrastverhältnis zu erfassen. Zu diesem Zweck werden Kinos im Münchner Stadtgebiet, welche gleichzeitig als Spielstätten des Münchner Filmfests fungieren, evaluiert. Der Raumkontrast wird unter Einbeziehung der Faktoren Notausgangsbeleuchtung, Projektionslicht sowie unter Simulation eines Publikums gemessen. Im Anschluss wird hinterfragt, inwieweit diese Kinos, durch eine Verbesserung der Projektionstechnik, im Stande wären, das rechnerisch und unter Laborbedingungen ermittelte Kontrastverhältnis darzustellen.

2. Grundlagen

2.1 Definition Kontrastverhältnis

Das Kontrastverhältnis stellt den relativen Helligkeitsunterschied zwischen dem dunkelsten Schwarz und dem hellstem Weiß, welches von einem Gerät produziert werden kann, dar. Es wird als Quotient angegeben. Das Kontrastverhältnis beschreibt die Fähigkeit eines Projektors, ein kontrastreiches Bild zu erzeugen.⁵⁾

Dabei unterscheidet man zwischen sequenziellem „on-off“-Kontrast, der die erreichbare Dynamik zwischen einem komplett weißen und komplett schwarzen Bild beschreibt sowie dem Simultankontrast der den möglichen Kontrast innerhalb eines Bildes mit hellen und dunklen Elementen gleichzeitig beschreibt „Intra-Frame“.

2.2 Vorgaben der Digital Cinema Initiatives (DCI)

Die DCI hat in der „Digital Cinema System Specification“ die Rahmenparameter für die technische Standardisierung der

► The present article examines which contrast ratios can be achieved in conventional cinemas in a classical projection on a screen using in-situ measurements.

¹⁾ Barraclough, L. (23.06.2013)

²⁾ Digital Cinema Initiatives, LLC (2012)

³⁾ Borer/Cotton (2015), S. 1.

⁴⁾ Carter, J. (11.10.2016)

⁵⁾ Reinhard/Valenzise/Dufaux (2016), S. 8.

Image Parameters	Nominal (Projected Image)	Tolerances (Review Rooms)	Tolerances (Theatrical)
Pixel Count	2048x1080 or 4096x2160	N/A	N/A
Luminance Uniformity, corners and sides	85 % to 90 % of center	70 % to 90 % of center	
Calibrated White Luminance, center	48 dc/m ² (14 fL)	± 2,4 dc/m ² (± 0,7 fL)	± 10,2 dc/m ² (± 3,0 fL)
Calibrated White Chromaticity, center from code values [3794 3960 3890]	x=.3140, y=.3510	± .002 x, y	± .006 x, y
Color Uniformity of White Field, corners	Matches center	± .008 x, y Relative to Center	± .010 x, y Relative to Center
Sequential Contrast	2000:1 minimum	1500:1 minimum	1200:1 minimum
Infra-frame Contrast	150:1 minimum	100:1 minimum	100:1 minimum
Grayscale Tracking	No visible color shading	No visible color shading	No visible color shading
Contouring	Continuous, smooth ramp, with no visible steps	(same)	(same)
Transfer Function	Gamma 2.6	± 2 % ¹² Per component	± 5 % ¹² Per component
Color Gamut	Minimum Color Gamut enclosed by white point, black point ¹³ and Red: 0.680x, 0.320y, 10.1 Y Green: 0.265x, 0.690y, 34.6 Y Blue: 0.150x, 0.060y, 3.31 Y	(same)	(same)
Color Accuracy	Colorimetric Match	+/- 4 delta E ¹⁴	+/- 4 delta E ¹⁴

Bild 1. DCI Vorgaben, Digital Cinema System Specification v.1.0 (2005), S. 67.

Kinoprojektion verankert. Als Ausgangslage, unabhängig von der Projektionstechnik, ist definiert, dass ein Kino mit Hilfe genormter Testbilder in der Mitte der Leinwand auf eine Helligkeit von 48 cd/m² kommen muss. Hinzu kommt eine Toleranz, welche in der Kinoprojektion +/- 10,2 cd/m² nicht überschreiten darf. Dies entspricht einem Faktor 4 im Vergleich zu den Toleranzgrenzen an Referenzkinos („Review Rooms“), die während der Post-Produktion zum Einsatz kommen (vgl. **Bild 1**).

Der vorgegebene sequentielle Kontrast „Sequential Contrast“ sollte laut DCI nominal 2000:1 betragen. Für die reguläre Kinoprojektion wird jedoch eine Toleranz bis auf 1200:1 zugestanden. Hier gilt jedoch zu beachten, dass diese Werte bereits das Umgebungslicht mit erfasst haben.⁶⁾

„Stray light on the screen is required to be minimized. The use of black non-reflective surfaces with recessed lighting is encouraged. With the projector turned off or with the lamp-house doused, measure the luminance off the centre of the screen. The ambient light level of a mastering environment reflected by the screen is required to be less than 0.01 cd/m² (0.029 ft-L). For theatrical environments, the ambient light level reflected by the screen is encouraged to be less than 0.03 cd/m² (0.1 ft-L).“⁷⁾

Umgebungslicht und Notausgangsbeleuchtung sind unumgängliche Störquellen in den Spielstätten. Diese Tatsache macht es notwendig, dass sich die Norm auch mit dem Umgebungslicht an sich beschäftigt, damit eine Verifizierung der Spielstätten überhaupt ermöglicht werden kann. Die offene Formulierung im Dokument an dieser

Stelle deutet schon an, dass gerade der Faktor Streulicht schwer zu kontrollieren oder zu standardisieren ist. Dies ist problematisch in Hinblick auf das vorgeschriebene minimale sequentielle Kontrastverhältnis von 1200:1, da jegliches Streulicht direkten Einfluss auf das Kontrastverhältnis hat, egal ob direkt oder indirekt. Ähnlich wichtig wie der sequentielle Kontrast ist das maximal erreichbare simultane Kontrastverhältnis. Simultan bezeichnet hierbei die simultane Projektion einer definierten weißen Fläche während der Schwarzwert an einem anderen festgelegten Ort gemessen wird. Je mehr Photonen ungewollt auf die schwarzen Bereiche der Leinwand treffen, desto heller werden diese und somit verschlechtert sich der Kontrast des Bildes.

„Safety regulations and the placement of exit lights or access lights can result in a higher ambient light level. But it is noted that this will reduce the contrast of the projected image.“⁸⁾

In Hinblick auf HDR heißt das konkret, dass man, bevor man über eine mögliche Distribution solcher Formate im größeren Rahmen spricht, überprüfen muss, ob ein entsprechender sequentieller und simultaner Kontrast überhaupt visuell darstellbar sein wird. Die DCI hat hierfür zum aktuellen Zeitpunkt noch keine Richtlinien für HDR aufgestellt, sondern lediglich in einer Pressemitteilung im Jahr 2014 darauf aufmerksam gemacht, dass aktuell an den entsprechenden Standards gearbeitet wird.

„New projection light sources, such as laser, supporting wider color space and higher dynamic range have emerged

⁶⁾ Digital Cinema Initiatives, LLC (2005), S. 66.

⁷⁾ ebd., S. 65

⁸⁾ Digital Cinema Initiatives, LLC (2005), S. 65.

⁹⁾ Digital Cinema Initiatives, LLC (09.07.2014)

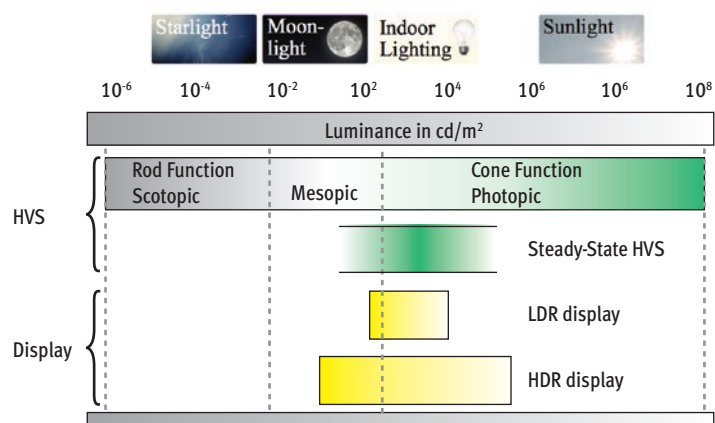


Bild 2. Kontrastdarstellung des menschlichen Auges, aus Kunkel & Reinhard (2010), S. 2.

Tabelle 1. „Dynamic Range“ gem. MPEG, in Anlehnung an Ludé (2015), S. 3

	Blendenstufen	Kontrastverhältnis
Standard Dynamic Range	≤ 10	max. 1.024:1
Enhanced Dynamic Range	10–16	1.024:1 bis 65.536:1
High Dynamic Range	≥ 16	min. 65.536:1

that hold the promise of an improved cinematic presentation. DCI is creating additional specifications in order to take advantage of these capabilities, while retaining one of its core objectives: to ensure that distribution packages are interoperable on all systems. DCI seeks to ensure that next-generation DCPs will be accurately reproduced on any system with this capability.“⁹⁾

Bis zum Zeitpunkt der Festsetzung dieser Norm gelten laut dieser Pressemitteilung weiterhin die SMPTE RP 431-2 D-Cinema Quality Richtlinien, um eine fehlerfreie Projektion auf den unterschiedlichen Projektionssystemen trotz technischer Neuerungen sicherzustellen.¹⁰⁾

2.3 Was ist HDR?

„High Dynamic Range“, kurz HDR, bezeichnet den Versuch, das von einem Wiedergabegerät darstellbare Kontrastverhältnis signifikant zu erhöhen und es der Kontrastdarstellung des menschlichen Auges anzunähern.

Bislang gibt es jedoch keine eindeutige Antwort auf die Frage, welches Kontrastverhältnis das menschliche

Auge darstellen kann. Es wird davon ausgegangen, dass es insgesamt 46 Blendenstufen¹¹⁾ darzustellen in der Lage ist.¹²⁾ Da die in **Bild 2** aufgezeigten Werte jedoch nur durch diverse physiologische Adaptationsvorgänge des Auges erreicht werden können, ist es wichtig, die Abgrenzung zum simultanen Kontrast („steady-state dynamic range“) der menschlichen Wahrnehmung zu berücksichtigen.

„The simultaneous dynamic range over which the human visual system (HVS) is able to function can be defined as the ratio between the highest and lowest luminance values at which objects can be detected, while being in a state of full adaption. In a given room that contains a display device, the human visual system will typically be in a steady state of full adaption.“¹³⁾

Durch das Fehlen eines exakten Standards von HDR kann es nur bedingt vom SDR („Standard Dynamic Range“) abgegrenzt werden. Eine häufig zitierte Abgrenzung von SDR zu HDR ist die Definition der Motion Pictures Expert Group (MPEG) (siehe **Tabelle 1**).¹⁴⁾

Wie oben dargestellt, spricht die MPEG ab einer Darstellung von 16 Blendenstufen von HDR, begrenzt durch den für das Auge sichtbaren Kontrast. Problematisch für die Darstellung von HDR Videos ist der Umstand, dass klassische Projektoren nur einen Kontrastumfang von bis zu 2500:1 darstellen können.¹⁵⁾ Die Helligkeit der Xenonlampe ist begrenzt, und das Streulicht der Lampe durch die Projektionslinse („Veiling Glare“) verhindert, dass ein Schwarz als echtes Schwarz dargestellt werden kann. Die Einführung der RGB-Laser-Technologie erlaubt aktuell eine leichte Verbesserung des Kontrasts um bis zu 2 Blenden.¹⁶⁾ Die höhere Effizienz der Laser Lichtquellen erlaubt auch einen Helligkeitszuwachs in der Projektion von 48 cd/m² Spitzenhelligkeit auf Werte um die 100 cd/m² bei gleicher elektrischer Anschlussleistung wie Projektoren mit Xenon-Lichtquellen.

Neue Projektionstechnologien wie die bei „Dolby Cinema“¹⁷⁾ verwendeten Projektoren erlauben die Projektion eines nochmals wesentlich erhöhten sequentiellen Kontrastverhältnisses von bis zu 1.000.000:1. Dadurch entstehen Schwärzen die an der unteren Wahrnehmungsschwelle des menschlichen Auges liegen. Diese werden als tatsächliches Schwarz dargestellt, was auch die Nutzung eines Kaschs obsolet macht. Die Dolby Laboratories geben an, mit dieser Technik bis zu 20 Blendenstufen darstellen zu können.¹⁸⁾ Ein entsprechendes obligatorisches Raumkonzept soll zusätzlich eine Verringerung des Einflusses auf den Raumkontrast bewirken.

„Many Dolby Cinema locations will use black seats, black carpets, and black walls. The effect is that no more than one-

Bild 3. Raumgestaltung eines Kinos, Darrow (2014)



¹⁰⁾ ebd.
¹¹⁾ Entspricht $14 \log_{10}$ Einheiten
¹²⁾ Reinhard/Valenzise/Dufaux (2016), S. 17.
¹³⁾ Kunkel/Reinhard (2010), S. 1.
¹⁴⁾ Chalmers/Campisi/Shirley/Olaizola (2016), S.18f.
¹⁵⁾ vgl. Datenblatt Christie CP4230 und Barco DP4k-32B
¹⁶⁾ vgl. Datenblatt Barco DP4K-40LHC
¹⁷⁾ vgl. Produktbeschreibung Dolby Website (<https://www.dolby.com/us/en/platforms/dolby-cinema.html>)
¹⁸⁾ Morrison, G. (14.01.2014)
¹⁹⁾ Darrow, D. (15.12.2014)

half of one percent of the light from the movie is reflected back to the screen. We've even redesigned the lights on the steps. The lights project down and toward the step, not up into the theatre. You'll be able to see the stairs if you need them, but the lights won't interfere with the show."¹⁹⁾

Gegenstand der Testreihe ist es, zu überprüfen, ob eine Überarbeitung der Raumkonzeptionierung herkömmlicher Kinos von Nöten ist, um die Möglichkeiten der neuen Herstellungs- und Projektionstechnologien voll ausnutzen zu können.

2.4 Bedeutung des Raumkontrasts

Der Raumkontrast beschreibt die Reflektion des Projektors in den Zuschauerraum und die daraus resultierende Rückreflektion des Raumes durch die Wände, Decken, Kinossessel und den Zuschauer selber. Diese Rückreflektionen bewirken ein ungewolltes Aufhellen der Schwarzen auf der Kinoleinwand. Durch diese Erhöhung des Schwarzwertes verschlechtert sich das Kontrastverhältnis.

In der Theorie bedarf es also folglich eines komplett schwarzen Raumes und schwarz eingehüllter Kinoszuhauer, um diesen Effekt zu minimieren. Ein orientierender Suchlauf mit der Suchmaschine Google nach dem Schlagwort „Kinosaal“ zeigt, dass die dominante Farbe der Kinoausrüstung rot oder in einigen Fällen auch blau ist.

Somit lässt sich feststellen, dass nicht nur allein der Projektor einen Einfluss auf den Kontrast des Filmes hat, sondern in einem großen Maße auch der Raum selbst. Folglich muss man in die Berechnung des realen Kontrastverhältnisses die sich baulich ergebende Limitierung des Vorführraumes mit einbeziehen. Diese Überlegungen bilden die Grundlage für die in diesem Beitrag im Folgenden dargestellten Messungen.

3. Methoden

3.1 Vorbereitungen

Für den Versuch wurden im Vorfeld vier Referenzkinos ausgewählt, welche drei verschiedene Standards von Vorführstätten repräsentieren: ein Programmkino (ca. 350 Sitzplätze), ein Multiplex (ca. 800 Sitzplätze) sowie zwei Event-bezogene Vorführstätten (zw. 150 und 300 Sitzplätzen). Die Auswahl soll somit einen Querschnitt der unterschiedlichen Kinos im Münchner Stadtgebiet darstellen.

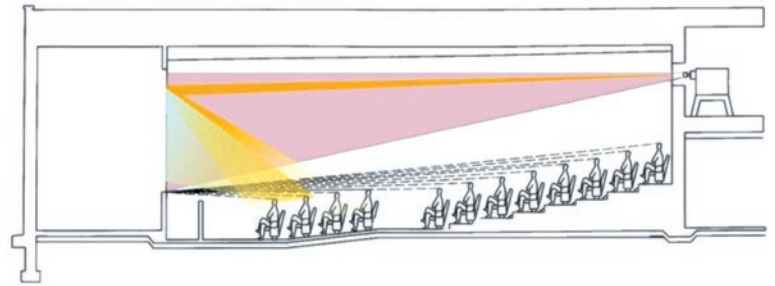


Bild 4. Schematische Darstellung des Raumkontrastes, Ludé (2015), S.27

Als Vergleichsobjekt wurde eine Referenz-Grading-Suite eingemessen. Es galt die Prämisse, für die Messungen nicht länger als eine Stunde zu benötigen, um eventuelle Mehrkosten für den Kinobetreiber zu vermeiden. Dadurch wurde es möglich, die Messungen vor der ersten Vorstellung durchzuführen, ohne einen personellen Mehraufwand zu riskieren. Zudem war es für diese Art der Messung nicht notwendig, den Vorführraum zu betreten, was unter den Sicherheitsbestimmungen gemäß DCI Norm problematisch sein kann.²⁰⁾

3.2 Versuchsaufbau

Um nicht nur den sequentiellen Kontrast messen zu können, der durch die Raumlichtquellen wie Notausgangsbeleuchtung und Treppenlichter limitiert ist wird vor Ort eine Lichtquelle auf ein Stativ montiert und vor dem Vorführraum platziert. Diese Anordnung dient der Simulation des Projektor Lichts, jedoch unabhängig von Limitationen des vorhandenen Projektors.²¹⁾ Die Platzierung ist wichtig, um den Weg des Lichtes realistisch aus dem Vorführsaal nachzustellen. Zudem muss ein zusätzlicher Aufbau montiert werden, um Streulicht von der Lichtquelle selbst weitläufig von der Leinwand abzuhalten. Damit wird verhindert, dass direktes Licht aus der Lichtquelle selbst die Testergebnisse verfälscht.

Zu Beginn der Messungen werden Saal- sowie Notausgangsbeleuchtung analog zu einer Kinovorführung eingestellt und sowohl in der Mitte der Leinwand wie auch an der linken und rechten unteren Ecke Messpunkte definiert und die Helligkeit in cd/m^2 gemessen. Die Lichtquelle bleibt für diese erste Messung ausgeschaltet. Anschließend wird die Lichtquelle, stark fokussiert und auf das Zentrum der Leinwand gerichtet, eingeschaltet, und die Messung an den

²⁰⁾ Digital Cinema Initiatives, LLC (2005), S. 79ff.

²¹⁾ Juran, N. (24.07.2015)

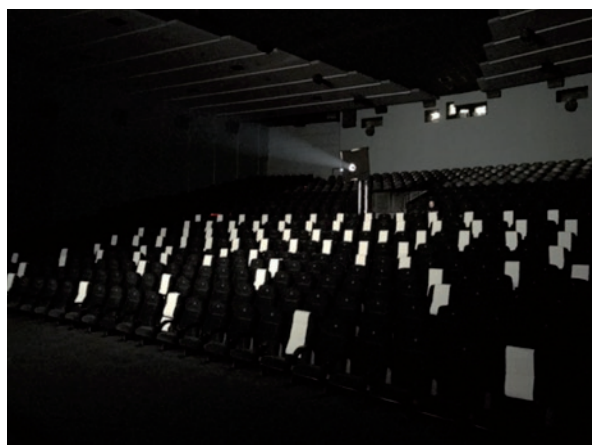
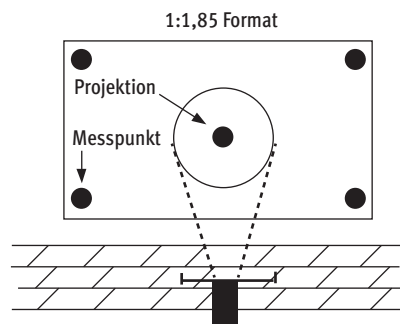


Bild 5. (links) Versuchsaufbau in einem Referenzkino (bei eingeschalteter Deckenbeleuchtung)

Bild 6. (rechts) Laufende Testung mit simuliertem Publikum

Bild 7. Schematischer Versuchsaufbau inkl. Messpunkten



zuvor festgelegten Messpunkten wiederholt. Es ist dabei wichtig, darauf zu achten, dass die Kanten des Lichtkreises scharf begrenzt sind und die beleuchteten 4 % der Leinwandfläche eine gleichmäßige Leuchtstärke aufweisen.

In allen Kinos muss hierbei die gleiche relative Leinwandfläche in der gleichen Helligkeit sichergestellt werden. Die Parameter werden für diese Messungen wie folgt festgelegt:

- Helligkeit: ca. 124 cd/m² (+-4 cd/m² Toleranz)
- Relative beleuchtete Leinwandfläche: 4 %
- Berechnung des Kontrastverhältnisses: $\frac{L_{\text{Grundwert}}}{L_{\text{Licht an}}}$
- Berechnung der Lichtfläche: $\pi * \frac{(\text{Lichtkegel})^2}{2}$

Es wurde sich gegen das typische Messverfahren für simultanen Kontrast, das sogenannte ANSI-4x4 Checkerboard Testbild²²⁾ entschieden sondern an das L20 Testbild²³⁾ aus der Bildschirmtechnik angelehnt da der Mittelwert der durchschnittlichen Luminanz für HDR Bilder typischerweise im Bereich von 1–8 % der Spitzenhelligkeit liegt²⁴⁾. Eine Ausleuchtung von 4 % der Leinwandfläche mit der Spitzenhelligkeit erzeugt damit eine realistische Simulation des in den Raum fallenden Lichts, während das ANSI 4x4 Checkerboard Testbild unverhältnismäßig viel Licht in den Raum einbringen würde.

Im Zuge der Recherchen kam eine Lichtquelle aus dem Eventbereich, eine „ETC Source Four“, in die engere Auswahl für den Test. Sie bot den Vorteil eines Profiler-Aufsatzes, welcher in mehreren Ausführungen (36 Grad, 26 Grad, 18 Grad) angeliefert wurde. Durch eine verstellbare Iris wurde es zudem einfacher, die Größe des Lichtkegels auf der Leinwand optimal zu regulieren. Die 750 W HPL-Lampe ermöglichte die gewünschte Lichtstärke, auch bei größerer Entfernung zur Leinwand. Ein mit Molton bespannter Holzrahmen (120 cm x 120 cm) mit einer

Öffnung für den Lichtstrahl erwies sich hier als die geeignetste Lösung, die bereits erwähnte Einflussname der Lampe selbst zu minimieren. Der Umfang des technischen Aufbaus machte es nötig, dass bei jedem Test mindestens zwei Personen anwesend waren. Um mit obenstehendem Aufbau auch die Auswirkungen heller Bekleidung des Kinopublikums auf den darstellbaren Kontrast zu messen, wurde ein prozentualer Anteil der Kinobesucher mit sehr hellen Kleidungsstücken im Kino simuliert. Hierfür wurden innerhalb von 14 Tagen in fünf Vorstellungen der Münchner Kinos der jeweilige Anteil von hell bekleideten Besuchern ermittelt. Um mögliche Problematiken hinsichtlich der Privatsphäre der einzelnen Zuschauer zu vermeiden, wurde das Publikum lediglich durchgezählt und nicht fotografiert.

Der errechnete Mittelwert wurde dann mit den insgesamt in den getesteten Kinosälen vorhandenen Sitzplätzen multipliziert. Die daraus resultierende Anzahl an Sitzplätzen wurde für die Messungen in den Kinosälen mit handelsüblichem Küchenpapier zu $\frac{2}{3}$ bedeckt, um möglichst realistisch den Helligkeitsanteil einer Person darzustellen. Auch wenn in den beobachteten Szenarien nicht nur rein weiße Kleidung gezählt wurde, ist das weiße Papier dennoch annähernd repräsentativ, da so auch der Faktor der Hauthelligkeit, der als solcher nicht in die Messungen miteingeflossen ist, mit einbezogen wird. Da davon auszugehen ist, dass der Effekt mit zunehmender Distanz zur Leinwand stark abnimmt, wurde auf eine Simulation des Publikums auch in den mittleren bis hinteren Reihen verzichtet.

4. Ergebnisse

Bereits bei erster Betrachtung der Messergebnisse wird deutlich, wie sehr die Rückreflektion der 4 % beleuchteten Leinwandfläche über den Raum den maximal erzielbaren simultanen Kontrast verringert. Die Messungen ergaben, dass das maximal erreichbare simultane Kontrastverhältnis um 90 % oder mehr schlechter ist als der maximal erreichbare sequentielle Kontrast. Wenn man sich die gemessenen Referenzwerte zum Störlicht in den Messergebnissen ansieht, stellt man fest, dass die Beleuchtung der Notausgänge, mit Ausnahme des Multiplexes, über den gesetzlich vorgeschriebenem Wert von 1 Lux liegen.²⁵⁾ Eine weitere Ausnahme bildet hier die Messung in der Referenz-Grading Suite. Da dieser Raum nicht für die öffentliche Vorführung vorgesehen ist, sind hier nicht die gleichen baulichen Parameter gegeben wie in den anderen Vorführstätten. Die Daten werden jedoch dennoch vergleichbar, da im Vergleich zu den anderen Kinos ein

²²⁾ Boynton P.A./ Fenimore C. (2015), S. 6.
²³⁾ Society for Information Display (2013): International Committee for Display Metrology v.1.03, Campbell.
²⁴⁾ Damberg, G./ Gregson J./ Heidrich W. (2016)
²⁵⁾ Deutsches Institut für Normung (2013): DIN EN 1838 – Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung: Deutsche Fassung, Berlin.

Tabelle 2. Zuschauerzahlen zur Berechnung Simultanpublikum

Vorstellung	Datum	Kino	Zuschauer	Hell bekleidet	In %
Manchester by the Sea	03.02.17	City Kino	64	9	14,06
Jackie	01.02.17	M. Lichtspiele	52	11	21,15
Passengers	21.01.17	Mathäser Kino	127	21	16,54
The Great Wall	14.01.17	Royal Filmpalast	94	10	10,64
La La Land	24.01.17	CinemaxX	24	4	16,67

Mittelwert: 15,81

Tabelle 3. Gemittelte Kontrastverhältnisse

Kontrastart	Streulichtquellen	Premium Saal Multiplex	Programmkino	Event-Vorführrstätte 1	Event-Vorführrstätte 2	Grading Suite
Sequentieller Kontrast	Nur Raumlichtquellen	96.960 : 1	31.337 : 1	48.173 : 1	20.063 : 1	125.000 : 1
Simultan-Kontrast	Raumlichtquellen und Projektionssimulation	8.594 : 1	3.160 : 1	3.489 : 1	2.000 : 1	8.594 : 1
Simultan-Kontrast	Raumlichtquellen, Projektionssimulation und Publikum	5.056 : 1	2.395 : 1	2.354 : 1	*	6.266 : 1
Absolute Notausgangslichtluminanz (cd/m²):		0,4	70,6	11,2	103,2	47,8

* Aufgrund eines Defekts des Leuchtmittels während der Testung war es innerhalb des gegebenen Zeitfensters nicht möglich, die Messung mit Simultanpublikum durchzuführen.

Grading-Pult und Monitore für eine ähnliche Streulichtsituation sorgen. Die Messungen zeigen auch, dass die Lichter zwar einen Einfluss auf die Helligkeitsverhältnisse des Kinos haben, und das Kontrastverhältnis bei stärkerer Annäherung an die gesetzlichen Grenzwerte verbessert werden könnte.

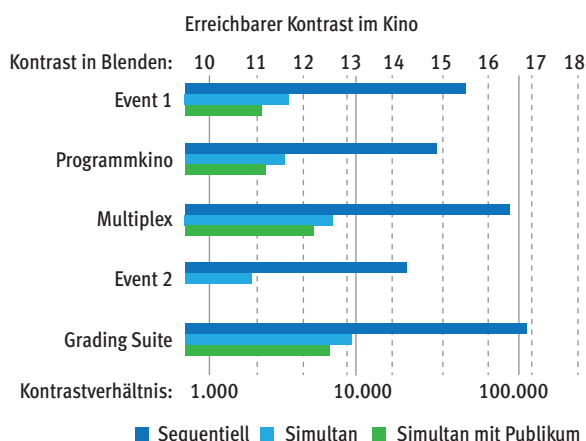
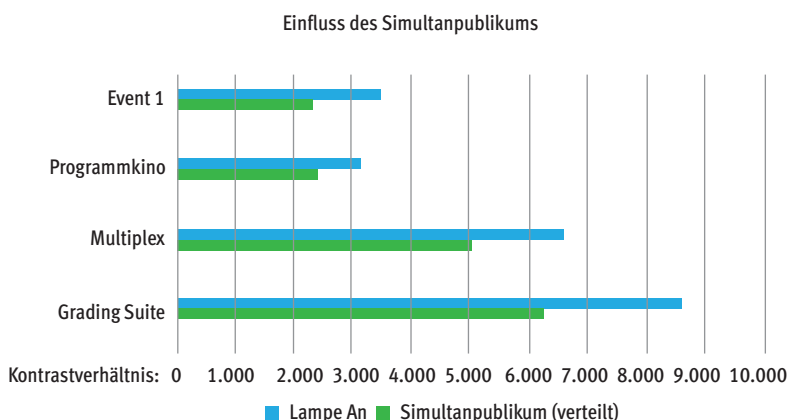
Die größte Begrenzung des simultanen Raumkontrasts ist in den vermessen Kinos die Rückreflektion von Licht aus dem Raum und somit die Raumarchitektur und das Farbkonzept der Vorführräume. Die besten Ergebnisse wurden in Projektionsumgebungen gemessen, die auf ein sehr dunkles bis schwarzes Farbkonzept in der Raumgestaltung setzen, wohingegen das Farbkonzept, welches die Wahrnehmung des Kinos in seiner Geschichte geprägt hat, kontraproduktiv ist. Roter Stoff hat im Vergleich zu schwarzem einen weitaus höheren Reflektionsgrad der Rückstrahlung von der Leinwand. Diese Eigenschaft hat zur Folge, dass der simultane Raumkontrast bereits ohne das Simultanpublikum sehr hoch ist, und damit stark auf das Kontrastverhältnis einwirkt. Werden die Messungen mit einem solchen simulierten Publikum durchgeführt, verschlechtern sich die gemessenen Werte im Vergleich zum Zustand ohne Simulation nochmals um 23 bis 33 %.

Der Einfluss des Publikums lässt sich jedoch nur bedingt generalisiert betrachten. Der prozentuale Anteil der potentiell stark remittierenden Kinobesucher wird abhängig von den Jahreszeiten höher beziehungsweise geringer sein. Die Zählungen wurden alle im Winter durchgeführt, was darauf hindeutet, dass der errechnete Anteil niedriger liegt

als im Jahresdurchschnitt. Es ist davon auszugehen, dass im Sommer klimatisch und modisch bedingt mehr helle Kleidung getragen wird. Um genauere Aussagen diesbezüglich treffen zu können, wären regelmäßige Messungen über ein ganzes Jahr erforderlich, was den Rahmen dieses Beitrags allerdings überschreiten würde.

5. Fazit

Die Ergebnisse der vorausgegangenen Messung zeigen deutlich, dass die Projektion von echtem High Dynamic Range Material in einer Kinoumgebung durch die Limitierungen des Raumes vor eine große Herausforderung gestellt wird. Selbst die Projektionssäle, die sequenziell die Definition von HDR erfüllen (vgl. Tabelle 1) können bei den simultanen Kontrastwerten diese nicht erfüllen. Um die HDR Darstellung im Kino zu ermöglichen müsste an zwei Faktoren angesetzt werden. Zum einen müsste das Kino langfristig in die HDR-fähige Projektion investieren, um von den im Vergleich zu sich heute in Betrieb befindlichen Digitalprojektoren verbesserten Helligkeits- und Schwarzwerten zu profitieren. Wesentlich aufwendiger und voraussichtlich auch sehr kostenintensiv müsste zudem ein großer Teil der Kinosäle umgebaut werden, da bei HDR-Projektion die Raumarchitektur der limitierende Faktor wird, um HDR Bilder darzustellen. Egal wie dunkel ein Kino ausgestattet wird, die Farbe des Publikums wird auch in Zukunft nicht beeinflussbar sein.

**Bild 8.** Vergleich der Messergebnisse**Bild 9.** Einfluss des Simultanpublikums

6. Ausblick

Durch die Verbesserung der Technologien in allen Aspekten der Bewegtbildproduktion wird High Dynamic Range in den kommenden Jahren voraussichtlich einen großen Zuwachs erfahren. Man muss aber kritisch hinterfragen, wie sinnvoll eine solche wie oben beschriebene, großangelegte Umstrukturierung und Investition für den einzelnen Kinobetreiber sowie für das Seherlebnis des Kinoszauers ist. Deutschlandweit wird dies in den nächsten Jahren schwer umsetzbar sein. Der durchschnittliche Deutsche geht laut gemäß Filmförderanstalt im Jahr 2015 1,71 mal im Jahr ins Kino²⁶⁾ und wird mit großer Wahrscheinlichkeit von der technischen Neuerung nur bedingt bewusst profitieren. Die Investitionen seitens der Kinos würden dafür sorgen, dass diese teilweise auf den Preis für die Kinotickets umgelegt werden. Es ist fraglich, wie groß die Toleranz bei den Zuschauern durch das niedrige Kosten-Nutzen-Verhältnis sein wird. Es scheint jedoch realistisch, dass vereinzelt Kinos eine HDR Projektion umsetzen werden, um einer begrenzten Gruppe an Interessenten den Zugang hierzu zu ermöglichen. Für die überwiegende Mehrheit der Kinos wird jedoch die Umrüstung auf HDR erst dann erfolgen, wenn neue Technologien oder Anforderungen eine Umrüstung unumgänglich und kosteneffizient machen. Ob HDR alleine eine solche Technologie sein wird, bleibt fraglich. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird High Dynamic Range vor allem im Home-Entertainment Bereich zeitnah und günstig einer breiten Masse zugänglich werden. Im „Heimkino“ ist es aufgrund der geringeren Leinwandgröße auch wesentlich einfacher die Leinwand durch Selbstleuchter-Technologien (zum Beispiel Organische Leuchtdiode, genannt OLED) zu ersetzen deren Kontrastverhältnis Prinzip bedingt sehr viel weniger vom Raumkontrast abhängt. Dieser Quantensprung im Kino wird nicht nur wegen der Leinwandgröße, sondern auch

wegen der Anordnung der Lautsprecher weitaus schwerer und kostenintensiver zu erreichen sein.

„Remember the ‚WOW‘ you experienced the first time you saw HDTV? HDR is that.“²⁷⁾

Diese Arbeit wurde durch die Unterstützung der jeweiligen Kinobetreiber, der Hochschule für Fernsehen und Film München – Abteilung II Technik, Herrn Prof. Peter C. Slansky sowie Florian Schneeweiß ermöglicht. ◀

Quellenverzeichnis

- Barracough, L. (23.06.2013): Digital Cinema Conversion Nears End Game, elektronisch veröffentlicht: URL: <http://variety.com/2013/film/news/digital-cinema-conversion-nears-end-game-1200500975/> (abgerufen am 15.02.2017).
- Borer T./Cotton A. (2015): A „Display Independent“ High Dynamic Range Television System, Forschungsbericht, British Broadcast Company London.
- Boynton P.A./Fenimore C. (2015): Characterization of Projection Systems for the MPEG-4 Digital Cinema Compression Scheme Evaluation, Forschungsbericht, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg.
- Carter, J. (11.10.2016): Why it's hard to find HDR at the cinema, elektronisch veröffentlicht: URL: <http://www.techradar.com/news/why-its-hard-to-find-hdr-at-the-cinema> (abgerufen am 15.02.2017).
- Chalmers, A./Campisi, P./Shirley, P./Olaizola, I. (2016): High Dynamic Range Video: Concepts, Technologies and Applications, London (Academic Press).
- Cowan M. (2015): DCI Requirements Image – Dynamics, Vortrag, Entertainment Technology Consultants.: High Brightness HDR Projection Using Dynamic Freeform Lensing, Forschungsartikel, erschienen in: „Journal ACM Transactions on Graphics (TOG), Volume 35 Issue 3, Article No. 24
- Darrow, D. (15.12.2014): The next-generation technology that powers Dolby Cinema, elektronisch veröffentlicht: URL: <https://blog.dolby.com/2014/12/next-generation-technology-powers-dolby-cinema/> (abgerufen am: 15.02.2017).
- Digital Cinema Initiatives, LLC (2005): Digital Cinema System Specification V.1.0, Forschungspapier, Digital Cinema Initiatives, LLC Member Representatives Committee Hollywood.
- Digital Cinema Initiatives, LLC (2012): Digital Cinema System Specification V.1.2 with Errata as of 30 August 2012 Incorporated, Forschungspapier, Digital Cinema Initiatives, LLC Member Representatives Committee Hollywood.
- Dolby (2015): Dolby Vision for the Home, Vortrag, Dolby Laboratories.
- Filmförderanstalt (2016): Das Kinojahr 2015, in: FFA-info, 01/2016, S. 3.
- Jurra, N. (24.07.2015): Zurück ins Kino, elektronisch veröffentlicht: URL: <https://www.heise.de/ct/ausgabe/2015-17-Dolby-Cinema-lockt-mit-HDR-Bild-und-Multikanal-Sound-2755677.html> (abgerufen am 20.02.2017).
- Kunkel T./Reinhard E. (2010): A reassessment of the simultaneous dynamic range of the human visual system, Abstract, University of Bristol.
- Ludé P. (2015): Toward High(er) Dynamic Range, Vortrag, HPA Tech Retreat 2015.
- Luthra A./Francios E./Husak W. (2014): Draft Call for Evidence (DfE) for HDR and WCG Video Coding, Forschungspapier, International Organisation for Standardisation Stasbourg.
- Morrison, G. (14.01.2014): High Dynamic Range: Dolby Vision, X-tended Dynamic Range Pro, and beyond, elektronisch veröffentlicht: URL: <https://www.cnet.com/news/high-dynamic-range-dolby-vision-x-tended-dynamic-range-pro-and-beyond/> (abgerufen am 15.02.2017).
- Morrison, G. (21.09.2015): What is HDR for TVs, and why should you care?, elektronisch veröffentlicht: URL: <https://www.cnet.com/news/what-is-hdr-for-tvs-and-why-should-you-care/> (abgerufen am 18.02.2017).
- Reinhard E./Valenzise G./Dufaux F. (2016): Tutorial on High Dynamic Range Video, Vortrag, EUSIPCO 2016.
- SMPTE (2006): SMPTE Standard for D-Cinema Quality – Screen Luminance Level, Chromaticity and Uniformity, Forschungspapier, Society of Motion Picture and Television Engineers Inc New York.
- SMPTE Study Group (2015): Study Group Report High Dynamic Range (HDR) Imaging Ecosystem, Forschungspapier, Society of Motion Picture and Television Engineers Inc New York.

²⁶⁾ Filmförderanstalt (2016): Das Filmjahr 2015, in: FFA-info, 01/2016, S. 3.

²⁷⁾ Morrison, G. (21.09.2015)

Marius Ehlayil



Foto: privat

ist Nachwuchsproduzent und Diplomand in Produktion und Medienwirtschaft der Hochschule für Fernsehen und Film München. Mit dem Thema HDR hat er sich im Zuge seines Schwerpunktstudiums in der Abteilung Technik unter Prof. Dr. Peter C. Slansky beschäftigt und abgeschlossen. Neben seiner produzentischen Tätigkeit bei der eigenen Firma wirFILM arbeitet er aktuell bei TRIXXTER Pictures in München.

Jan Fröhlich



Foto: privat

arbeitet als Senior Image Scientist bei Arnold & Richter Cine Technik (ARRI) und promoviert an der Universität Stuttgart im Fach Informatik. Er forscht an Systemen zur Aufnahme, Codierung, Bearbeitung und Wiedergabe von Bildern mit hohem Dynamikumfang (High Dynamic Range) und erweitertem Farbumfang (Wide Color Gamut). Jan Fröhlich ist Lehrbeauftragter an der Hochschule für Film und Fernsehen München und der Hochschule der Medien Stuttgart und Mitglied der IS&T, SMPTE, FKTG sowie dem Bundesverband Kamera (BVK).