

Bachelor-Thesis
im Studiengang Film & Sound (Schwerpunkt Film)
an der Fachhochschule Dortmund

**Diskussion und Evaluation zum
gleichzeitigen Einsatz unterschiedlicher
Kamera- und Linsensysteme in der
Umsetzung eines visuellen Konzepts**

vorgelegt von David Seul
Matrikelnummer: 7093528
Erstprüfer: Astrid Busch, Dipl. Des.
Zweitprüfer: Prof. Sandra Hacker

Eidesstattliche Erklärung

„Hiermit versichere ich, David Seul, an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.“

Ort, Datum

Unterschrift

Abstract (deutsch)

Die vorliegende Bachelor-Thesis thematisiert die Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Kamera- und Linsensysteme zum Einsatz in einem einzigen Filmprojekt.

Mittels der Analysen isolierter Eigenschaften von Kameras und Linsen werden die Unterschiede zwischen verschiedenen Systemen dargestellt und herausgearbeitet. Unter Verwendung dieser Analysen wird eine Gewichtung bei der Entscheidung für oder gegen spezifische Systeme vorgenommen. Dabei wird auf das Filmprojekt "Behindert sagt man nicht" eingegangen, um die Entscheidungen von Kamerapersonen an Beispielen nachvollziehen zu können.

Abschließend wird der Einfluss der untersuchten Entscheidungsfaktoren zusammengefasst präsentiert und es wird eine Antwort auf die Frage gefunden, ob der Einsatz mehrerer, verschiedener Kamera- und Linsensysteme in einem einzigen Filmprojekt sinnvoll ist.

Abstract (englisch)

This bachelor thesis deals with the vast amount of possible combinations of different camera and lens packages for use in one single motion picture project.

Analysing isolated properties of cameras and lenses, differences between existing systems will be shown. On the basis of this analysis, the importance of different factors when deciding on the use of one specific system against another will be shown. Using the film project "Behindert sagt man nicht" as an example, its choices on camera equipment will be explored to better understand a cinematographer's decision making.

Finally, the impact of the examined factors will be summarised and an answer to the question if the use of multiple different camera and lens systems in one single motion picture project can be considered worth it.

Inhaltsverzeichnis

Abstract (deutsch)	2
Abstract (englisch)	2
1. Einleitung	4
2. Übersicht des Kamera-Equipments im Filmprojekt "Behindert sagt man nicht"	5
2.1 Kameras	5
2.2 Linsen	7
2.3 Grip-Systeme	9
3. Handling	10
3.1 Größe, Gewicht, Robustheit	10
3.2 Integrierte ND-Filter und Dual Base ISO	10
3.3 Lautstärke	11
3.4 Altersbedingter Zustand	12
4. Sensoren, Filme und Dateiformate	13
4.1 FullHD, 2K, 4K, 5K, 6K, 8K: Wahrgenommener Schärfegrad	13
4.2 Dynamikumfang	14
4.2.1 HDR WCG	14
4.2.2 HDR-fähige Kameras	15
4.3 Film- und Sensorgröße	16
4.5 Dateiformate	17
5. Ästhetik	20
5.1 Seitenverhältnisse	20
5.2 Linsenwahl	23
5.2.1 Schärfe und chromatische Aberrationen	23
5.2.2 Festbrennweiten und Zoomlinsen	27
5.2.3 Bokeh	28
5.2.4 Lens Flare	29
5.2.5 Tonnenverzerrung	30
5.2.6 Post-Production: VFX	31
5.3 Motion Blur	32
5.4 Zeitlupe	33
6. Fazit	34
7. Quellen	35

1. Einleitung

Wegen ständiger neuer Entwicklungen auf technischer Ebene steigt die Zahl der Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Filmkameras mit verschiedenen Kameralinsen rasant an. Um heutigen Produktionsansprüchen gerecht zu werden und maximalen visuellen Effekt zu erzielen, drehen Kamerapersonen einen einzigen Film mit mehreren verschiedenen Kameras und Linsen. Die richtige Kamera und die richtige Linse für den gewünschten visuellen Effekt auszuwählen, wird zu einer komplexen und diffizilen Aufgabe.

Um ein besseres Verständnis dafür zu bekommen, an welcher Stelle die Wahl eines bestimmten Kamera- und Linsensystems das visuelle Erscheinungsbild eines Films und die künstlerische Arbeit am Set entscheidend prägt, werden in dieser Arbeit technische, ästhetische und weitere äußere Einflüsse auf das fertige Filmbild und die praktische Arbeit am Set und in der Nachbearbeitung erforscht.

Bei kursiv gedruckten Textabschnitten der folgenden Ausführungen handelt es sich um Verknüpfungen zum Filmprojekt "Behindert sagt man nicht", dessen Systemauswahl im Kapitel "Übersicht der Kamera- und Linsensysteme im Filmprojekt Behindert sagt man nicht" vorgestellt wird. Das Projekt ist Teil meiner Bachelorarbeit und ich war als Kameraperson (auch "Director of Photography" oder "Cinematographer" genannt, im Folgenden immer "Kameraperson") verantwortlich für dessen Bildgestaltung. In diesen Textabschnitten werden die getroffenen Entscheidungen mit Beispielen aus der Praxis in der Produktion, am Filmset und in der Nachbearbeitung begründet.

Im Folgenden **Kapitel 2** wird das für das Filmprojekt "Behindert sagt man nicht" genutzte Kamera-Equipment vorgestellt, um einen in den folgenden Kapiteln hilfreichen Überblick zu geben.

Kapitel 3 geht hauptsächlich auf physische Eigenschaften der Kamera ein und wie diese den Einsatz am Set beeinflussen.

Kapitel 4 beschäftigt sich damit, weshalb eine höhere Auflösung, ob analog oder digital, nicht gleich ein schärferes Bild ergibt, wieso die neuen HDR-Standards kaum Auswirkung auf die Kamera- oder Linsenwahl haben und wie verschieden große Film- und Sensorenformate für den maximalen visuellen Effekt genutzt werden können.

In **Kapitel 5** folgt die Untersuchung von Auswirkungen der Kamera- und Linsenwahl auf die Ästhetik des fertigen Filmbilds. An dieser Stelle werden grundlegende Konzepte wie das Seitenverhältnis erläutert, es wird aber auch tiefer auf Merkmale einer Linse eingegangen und wie diese das Filmbild verändern und die weitere Arbeit in der Nachbearbeitung prägen. Die visuellen Unterschiede der Darstellung der Bewegungunschärfe zwischen verschiedenen Sensoren werden herausgearbeitet und die Wichtigkeit der Kamerawahl für geplante Zeitlupensequenzen wird begründet.

2. Übersicht des Kamera-Equipments im Filmprojekt “Behindert sagt man nicht”

2.1 Kameras

- Sony Venice
- 36,20 mm Sensorbreite
- 133 x 159 x 172 mm
- 3,9 kg
- 6K-Auflösung
- X-OCN-Format (Original Camera Negative, entspricht komprimiertem RAW)
- 16bit 4:4:4
- PL-Mount + E-Mount



- Sony F55
- 24,00 mm Sensorbreite
- 130 x 125 x 191 mm
- 2,2 kg
- 4K-Auflösung
- SonyRAW (3:1 komprimiertes RAW)
- 16bit 4:4:4
- PL-Mount + FZ-Mount



- Sony FS7
- 23,60 mm Sensorbreite
- 156 x 239 x 247 mm
- 2 kg
- 4K-Auflösung
- XAVC (komprimierter Codec)
- 10bit 4:2:2
- E-Mount, adaptiert auf PL-Mount



- Sony A7sii
- 35,60 mm Sensorbreite
- 119 x 69 x 38,1 mm
- 0,58 kg
- 4K-Auflösung
- XAVC S (komprimierter Codec)
- 8bit 4:2:0
- E-Mount



- Sony A7s mit Blackmagic Video Assist
- 35,60 mm Sensorbreite
- 126.9 x 94.4 x 48.2 mm + Monitor
- 0,44 kg
- 2K-Auflösung
- ProRes 422 (komprimierter Codec)
- 8bit 4:2:2
- E-Mount



- RED Epic-W Helium 8K
- 29,90 mm Sensorbreite
- 148 x 97 x 57 mm
- 1,52 kg
- 8K-Auflösung
- REDCode RAW (komprimiertes RAW)
- 12bit 4:4:4
- PL-Mount



- DJI Phantom 4 Pro (Drohne)
- 12,80 mm Sensorbreite
- 1,39 kg
- 4K-Auflösung
- HEVC (stark komprimierter Codec)
- 10bit 4:2:0
- integrierte Linse



2.2 Linsen

- Angenieux Optimo Style 16-40 mm
- für Super35-Bildkreis
- t/2.8
- Ästhetische Besonderheiten: sehr klare Farben, aber Vignettierung ab 30 mm aufwärts



- Angenieux Optimo Style 30-76 mm
- für Super35-Bildkreis
- t/2.8
- Ästhetische Besonderheiten: sehr klare Farben, aber Vignettierung ab 60 mm aufwärts



- Angenieux 25-250 mm
- für Super35-Bildkreis
- t/5.6
- Ästhetische Besonderheiten: starke chromatische Aberrationen, eher unscharf

- Tokina Vista Primes
- für VistaVision-Bildkreis
- t/1.5
- Ästhetische Besonderheiten: kristallklares Bild, scharf bis in den Randbereich



- Sony CineAlta Primes
- für Super35-Bildkreis
- t/2.0
- Ästhetische Besonderheiten: neutrales Bild



- XEEN Cine Primes
- für FullFrame-35mm-Bildkreis
- t/1.5
- Ästhetische Besonderheiten: scharfes, neutrales Bild



- Canon 24-70 mm
- für FullFrame-35mm-Bildkreis
- t/2.8
- Ästhetische Besonderheiten: besonders scharf, da es sich um eine Foto-Optik handelt



2.3 Grip-Systeme

- Sachtler Stativkombinationen
 - geeignet für große und eher schwere Kamerasysteme
- MovieTech Magnum Dolly
 - geeignet für eher große und eher schwere Kamerasysteme
- Sandsäcke
 - improvisiertes Bodenstativ; geeignet für alle Kamerasysteme
- Applebox
 - improvisiertes Bodenstativ; geeignet für alle Kamerasysteme
- Longboard
 - Dolly-Ersatz; geeignet für bis zu mittelgroße und mittelschwere Kamerasysteme
- Sackkarren
 - Dolly-Ersatz; geeignet für bis zu mittelgroße und mittelschwere Kamerasysteme
- Autopoles
 - Klemmsystem; geeignet für kleine und leichte Kamerasysteme
- Drohne
 - geeignet für kleinste und leichteste Kamerasysteme
- Ronin One Gimbal
 - geeignet für eher kleine und bis zu mittelschwere Kamerasysteme
- Ronin MX Gimbal
 - geeignet für kleine und leichte Kamerasysteme

3. Handling

3.1 Größe, Gewicht, Robustheit

Je nach Drehsituation ist es unausweichlich, auf ein kleines, handlicheres Kamera- und Linsensystem zu wechseln, um die geplanten Einstellungen mit vertretbarem Aufwand drehen zu können und somit das bestmögliche Bild für eine Stunde Zeit am Set einzutauschen. Es müssen also Kompromisse gefunden werden. Um eine große Kamera wie die Sony Venice mit Tokina Vista Prime sicher über einem Darsteller zu befestigen, braucht es wesentlich mehr Zeit als für eine Sony A7s mit Xeen-Linse oder sogar einer GoPro. GoPros sind sehr kleine und sehr leichte Kameras mit robustem, wasserfestem Gehäuse, die sich auch als Wegwerf-Actioncam für Stunts mit Pyrotechnik anbieten, oder um sie schnell an einem Auto zu befestigen.

Das Gewicht der Kamera spielt für den Charakter und die Qualität der Kamerabewegungen bei Schulter- und Handkamera eine große Rolle. Im Fall von Hand- und Schulterkamera¹ ergibt ein schwereres Kamerasystem wie die Arri Alexa Classic eine sauberere, flüssigere Bewegung als eine leichte Kamera wie die Canon 5D MarkIII oder eine Bolex, die zu hochfrequentem Wackeln neigen. Dies wirkt vor allem auf der großen Kinoleinwand störend.²

Für "Behindert sagt man nicht" waren Größe und Gewicht der Kameras entscheidende Faktoren. Für die einzige Schulterkamera-Szene sollte die Kamerabewegung sich nicht zu leicht und wacklig anfühlen, weshalb die Sony VENICE mit Tokina Vista Primes gut geeignet waren. Für eine Slow-Motion-Sequenz gen Ende des Films auf dem Gimbal-Stabilisierungssystem wären die Sony-Kameras jedoch zu schwer und zu lang gewesen, weshalb eine RED Epic-W Helium 8K mit Angenieux-Zoomlinse genutzt wurde. Die Kamera ist leicht und klein, was sie für den Einsatz mit handlichen Stabilisierungssystemen qualifiziert. Trotzdem wurde das Gimbalsystem von zwei Grippern getragen, während die Schwenks per Fernsteuerung erfolgten. Für eine weitere Einstellung musste die Kamera über Kopf der Darsteller in einem Flur angebracht werden - dank einer Sony A7sii mit XEEN-Optik war es kein Problem, dafür eine Klemmstange, genannt Autopole, zu nutzen, die bereits vor Drehbeginn befestigt werden konnte. Der Aufbau sparte so wertvolle Zeit.

3.2 Integrierte ND-Filter und Dual Base ISO

Ist am Filmset die Zeit ein besonders kritischer Punkt, muss an jeder möglichen Stelle Zeit eingespart werden. Hierbei helfen die Kamerahersteller mit ihren neuen Modellen, die hochwertige ND-Filter in ihre Kameras integrieren. Das meistgenutzte System ist eine Trommel, die verschiedene ND-Filter vor den Sensor klappt. Statt wie im traditionellen Film einen Assistenten loszuschicken, den ND-Filter im Filtereinschub des Kompendiums per Hand zu wechseln, kann diese Aufgabe nun per Knopfdruck in Sekundenbruchteilen erledigt werden.

¹ Vgl. "First Man", Kinospießfilm, Kamera Linus Sandgren FSF ASC

² Diskussion zur grenzwertigen Ausreizung der hochfrequent bewegten Handkamera, https://www.reddit.com/r/flicks/comments/9q1a8x/the_cinematography_in_first_man/

Die nächste neue Entwicklung ist der Dual Base ISO (auch Dual Native ISO genannt), der noch einen Schritt weiter geht. Bisher hatten digitale Kameras genau eine ISO-Einstellung, auf die die Kamera-Hardware und -Software optimiert war. Neue Kameras der Hersteller Panasonic, RED und Sony bieten für höhere ISO-Werte neuerdings eine weitere Optimierung des gesamten Kamerasystems an. Das Signal, welches vom Sensor aufgenommen wird, wird für die zweite, höhere ISO-Einstellung mit einem stärkeren Verstärker moduliert und durch andere Rauschreduzierungsfilter verändert als dies bei der niedrigeren ISO-Einstellung der Fall war³. In der Praxis bedeutet das für die Kameraperson, dass sie zwei verschiedene Sensorempfindlichkeiten nutzen kann, als würde sie in einer analogen Kamera die Filmrolle von beispielsweise 50D auf 500D wechseln. So können Lichtsetups variabel aufgebaut werden und es kann aufgrund höherer ISO-Werte häufiger das bereits vorhandene Licht der Filmszene genutzt werden, ohne viele Lampen aufstellen zu müssen.

Die integrierten ND-Filter, welche die Sony VENICE, F55 und FS7 bieten, wurden schnell zur angenehmen Routine am Set und halfen, die Belichtung jeder Szene schnell und korrekt einzustellen und die gewünschte Blendenzahl 2.8 (auf 24,00 mm Sensorbreite) zu halten. Das weitaus wichtigere Feature war der Dual Base ISO der Sony VENICE, der es ermöglichte, eine gesamte Szene auf ISO 2500 statt ISO 500 zu drehen. Da das eher kleine Budget keine massiven Lichtaufbauten zuließ, um den sehr hoch gelegenen ersten Stock unserer Location von außen zu beleuchten, wurden einfach die richtige Tageszeit, einige Fahnen und Reflektoren, die vorhandenen Fenstervorhänge der Location und ein paar kleine Lichteinheiten für Lichtakzente wie Spitzen und Kanten genutzt. Mit dem Base ISO 500 wäre die Szene so drastisch unterbelichtet gewesen und es wären größere Lampeneinheiten im eher kleinen Raum nötig gewesen. Dadurch wäre die Gefahr des Auflaufens größer gewesen: Die Darsteller hätten sich weniger frei im Raum umherbewegen können, bevor der Zuschauer eine künstliche Lichtquelle als solche identifizieren kann. Das kleinere Lichtsetup half bei der zeitkritischen Szene sehr [mehr zum Thema Zeitknappheit bei "Behindert sagt man nicht" im Kapitel "Festbrennweiten und Zoomlinsen"].

3.3 Lautstärke

Da ein Film ein audiovisuelles Erlebnis für den Betrachter ist, wird am Set darauf geachtet, Bild und Ton in höchstmöglicher Qualität aufzunehmen. Daher sind alle Geräte, die während eines Takes bewegt werden, darauf ausgelegt, möglichst kein Geräusch von sich zu geben. Dazu gehören die Tonangeln, der Kameradolly und die Transportmechanik für analoge Filmrollen in der Kamera. Besonders diese Transportmechanik war zu Beginn der Filmhistorie sehr laut. Mit dem Tonfilm um die 1930er-Jahre wurde es notwendig, die Geräuschkulisse zu reduzieren, weshalb Kameras in schallabsorbierende Kabinen platziert wurden. Mit der Zeit gelang es jedoch, den Filmtransport leise genug zu bewältigen, um eine Kamera auch nah am Mikrofon platzieren zu können, ohne starke Störgeräusche erwarten zu müssen.

Während der analoge Filmtransport eine offensichtliche Geräuschquelle darstellt, ist diese bei digitalen Systemen eher versteckt. Digitale Kameras werden zu heiß, wenn sie nicht ausreichend gekühlt werden, weshalb gelegentlich ihre Lüfter sehr schnell rotieren müssen. Bisweilen werden Ton-Takes ruiniert, weil die Kamera während des Close-Ups ihre Lüfter aufdreht. Die Lüftungssysteme werden allerdings immer ausgeklügelter, was diesen Faktor allmählich eliminiert.

Die lauteste Kamera im "Behindert sagt man nicht"-Projekt war die RED Epic-W Helium 8K, die

³ Dual ISO & Dynamic Range, Filmmaker IQ, https://www.youtube.com/watch?time_continue=167&v=g8hHFt3ChZ8

ausschließlich für eine Außenszene in Zeitlupe ohne Tonaufnahme genutzt wurde. Trotzdem kann diese Kamera, falls sie zu einem Projekt passt, auch als A-Kamera in Dialogen genutzt werden. Das solide Bild ist hier wichtig genug, um die Arbeit des Sounddepartments zu rechtfertigen, das die Tonspur reparieren muss.

Desweiteren waren Tonaufnahmen während des Drohneneinsatzes undenkbar, da die Rotoren der Drohne bei Weitem viele andere Geräusche übertönen. Die eingesetzten Sony-Kameras sind vergleichsweise leise und werden nur in Extremsituationen hörbar laut. Sie und weitere moderne Kameras bieten die Option, im Kameramenü einen "Silent Mode" oder Ähnliches anzuwählen, der in solchen Situationen hilfreich ist.

3.4 Altersbedingter Zustand

Kamerasysteme müssen gewartet werden. Insbesondere die der Verleiher und Filmhochschulen, da sie dauerhaft und ständig genutzt werden. Mit der Zeit summieren sich Faktoren, die zu Fehlern im Bild oder in der Handhabung führen können. Klemmende Filmkassetten, fehlender Anpressdruck auf der Filmebene oder Photosite-Ausfälle bei digitalen Sensoren. Sonys F55 neigt mit dem Alter zudem zu einem Grünstich, was die Farbkontraste flacher werden lässt. Bevor eine Kamera eingesetzt wird, sollte ihr Alter daher berücksichtigt werden, um eventuellen Fehlern entgegenwirken zu können. Vernachlässigbar sind hierbei äußere Schönheitsfehler wie Kratzer oder abgewetzte Aufdrucke - es sei denn, es handelt sich um ein hochbudgetiertes Werbeset, an dem nur das Beste und Neueste Equipment zu sehen sein darf.

Störende Probleme aufgrund des Alters der Kamera gab es bei "Behindert sagt man nicht" ausschließlich an der A-Kamera Sony F55. Deren Bilder weisen den erwähnten leichten Grünstich auf. Der resultierend Farbkontrastverlust fällt im Vergleich den Bildern der Sony FS7, die im Filmschnitt äußerst häufig direkt an die der Sony F55 anschließen, jedoch nicht auf und ist in diesem Fall tolerierbar.

4. Sensoren, Filme und Dateiformate

4.1 FullHD, 2K, 4K, 5K, 6K, 8K: Wahrgenommener Schärfegrad

Das Gros der aktuellen Filmproduktionen wird in 2K oder 4K abgeliefert. Im Kino werden 2K-Filme mit bis zu 2048 Pixeln in der Breite dargestellt, und 4K-Filme mit bis zu 4096 Pixeln in der Breite, was in der DCI-Norm⁴ festgeschrieben ist. Im Internet sind es 1920 bis 3840 Pixel, was durch die FullHD- und UHD-Standards⁵ festgelegt ist.

Gerne wird eine höhere Auflösung mit einem schärferen Bild gleichgesetzt, was aber bewiesenermaßen nicht stimmt⁶: Vielmehr liefern alle aktuellen 4K-Kameras ein ausreichend scharfes Bild, um für gewöhnliche 4K-Betrachtungsszenarien als 'scharf' empfunden zu werden. Ob der Zuschauer überhaupt alle Pixel voneinander unterscheiden kann, hängt vom Winkel ab, den die Leinwand im Blickfeld des Zuschauers einnimmt. Als Faustregel gilt: Nimmt der Zuschauer einen Platz eine Leinwandbreite von der Leinwand entfernt ein, kann er 3500 Pixel in der Breite voneinander unterscheiden und tatsächlich wahrnehmen. Rückt er näher, nimmt er mehr Pixel wahr, geht er weiter weg, nimmt die Auflösung der Leinwand auf in seinem visuellen System ab. Ein 4K-Bild lohnt sich für den Zuschauer also besonders in den Parketträngen der Kinosäle. 4K zu drehen, scheint also Sinn zu ergeben. Wie scharf ein Bild auf den Zuschauer wirkt, hängt aber vielmehr von der Vorbereitung der durch die Kamera oder den Scanner aufgenommenen Daten ab als von der Aufnahme selbst. Die Kamera wird zu einem Messinstrument: Liefert das Messinstrument genügend Daten über ein Objekt, das es zu betrachten gilt, können die Daten mithilfe gängiger Software so aufbereitet werden, dass ein bestimmter Bildeindruck entsteht. Besondere Wichtigkeit kommt hier dem Dynamikumfang (5 Blenden bis 15 Blenden), dem Rauschverhalten (Signal-to-Noise-Ratio), der Auflösung (FullHD bis 8K) und der Bittiefe (8bit bis 16bit) des Bildes zu. Viel des oft beschworenen „Looks“ eines Bilds oder Films kann nach dessen Aufnahme entstehen: Bei der Verarbeitung der durch die Kamera oder den Scanner gemessenen Daten. Im Falle eines Scanners gibt es eine weitere Variable. Der Film kann unterschiedlichen photochemischen Prozessen unterzogen werden, was Dynamikumfang und Rauschverhalten entscheidend beeinflusst.

Die sinnvollste Aufnahmemethode, um die gewünschte Auflösung zu treffen, wäre, für jeden Pixel auf der Leinwand einen Pixel im digitalen Master aufzunehmen. In der Praxis sind die meisten der dort eingesetzten Sensoren CMOS-Chips (Ausnahmen: DALSA Origin II, DALSA Evolution, Sony F35), die für 4 Pixel jeweils ein rotes, ein blaues und zwei grüne aktive Photosites⁷ besitzen. Auf 4096 Pixeln sitzen also 2048 grüne, 1024 rote und 1024 blaue Photosites. Welche Farbe einem Pixel nach der Aufnahme zugewiesen wird, wird durch ein mathematisches Verfahren namens De-Bayering errechnet. Jeder Kamerahersteller nutzt hier unterschiedliche Mathematik. Der Konsens unter Kamerapersonen ist, dass ein CMOS-Sensor das 0,7-fache seiner aktiven Photosites⁸ als tatsächliche

⁴ Standards der DCI, https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Cinema_Initiatives

⁵ Standards der CTA, https://de.wikipedia.org/wiki/Ultra_HD

⁶ Steve Yedlin: Resolution Demo (2 Videos), <http://yedlin.net/ResDemo/index.html>

⁷ Definition "Photosites", <https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm>

⁸ Persönliches Gespräch, Leiter der Kameraabteilung ARRI, IBC 2017

Auflösung abgeliefert. Aufgrund dieses Faktors wurde 2010 die ARRI Alexa mit 2880 Pixeln in der Breite vorgestellt: Daraus lässt sich ein gutes FullHD-Bild mit 1920 Pixeln herstellen.

Neben dem subjektiven Schärfeempfinden, für welches ein 2,8K-Bild offensichtlich ausreicht, hat die Auflösung noch weitere Bewandnis im späteren Workflow nach der Aufnahme. Offensichtlich ist, dass die Kameraperson das Bild innerhalb des aufgenommenen Bildbereichs neu kadrieren, also einzoomen kann, bis entweder die Schärfe der Optik nicht mehr ausreicht oder zu viele Pixel hinzuerfunden werden müssen. Dabei war das Pixel-Limit bisher schneller erreicht als das optische Limit, wobei sich das mit 6K- und 8K-Kameras teilweise ändert. Weniger offensichtlich als das Einzoomen ins Bild ist die Bedeutung von mehr Pixeln für die Visual-Effects-Abteilung. Muss aus der Szene eine virtuelle Kamerabewegung erstellt werden, die der Bewegung am Set entspricht, hilft es, die genauesten Messwerte der Szene zur Verfügung zu haben. Ein sogenannter 3D-Kameratracker, der die Position der Kamera anhand der Bewegung sehr vieler kontrastreicher Punkte im Bild errechnet, liefert genauere Ergebnisse, je mehr Pixel er analysieren kann. Auch das Ersetzen eines Greenscreens im Bild ist genauer, je mehr Pixel vorhanden sind. Am wichtigsten ist dies bei dünnen Strukturen wie Haaren, die sich mit höherer Auflösung besser vom Greenscreen unterscheiden lassen, wodurch ein natürlicheres Bild entsteht. Nicht immer werden in der Visual-Effects-Abteilung alle Pixel auch wirklich genutzt, weil sich dadurch auch der Rechenaufwand für die Computer vervielfacht. Für komplizierte Einstellungen mit viel Kamerabewegung, Greenscreens und zahlreichen Überlappungen von computergenerierten Bildern und real gefilmten Aufnahmen ist eine höhere Auflösung aber häufig sehr hilfreich.

4.2 Dynamikumfang

Der Dynamikumfang eines Films oder Sensors spielt vor allem bei Außenaufnahmen bei Tag eine zentrale Rolle. Seit digitale Sensoren genügend Dynamikumfang bieten, um mit den bis zu 15 Blenden Umfang eines Kodak Vision3 200T⁹ mitzuhalten, ist die Entscheidung zumindest keine mehr zwischen analog und digital. Generell ist ein höherer Dynamikumfang eine universellere Lösung und spart Zeit am Set. Es kann ungenauer belichtet werden, ohne Angst um bildkritische Inhalte zu haben, was aber auch die Gefahr für weniger durchdachte Bilder erhöht. Zudem können Highlights wie die Wolken gleichzeitig mit dem Gesicht des Darstellers im Schatten gezeigt werden: Es wird für die "Highlights" belichtet. Ein Bild mit hohem Dynamikumfang kann in der Nachbearbeitung in der Regel leichter bearbeitet werden, um den gewünschten Look zu erreichen, da mehr Informationen vorhanden sind. Eine HDR-Auswertung des Films wird somit möglich.

4.2.1 HDR WCG

Aktuelle Standards wie Dolby Vision¹⁰, HDR10+ und HLG bringen Zuschauer in den Kinos, daheim und auf ihren mobilen Endgeräten in den Genuss von größerem Dynamikumfang und einer reicheren Farbpalette als der bisherige Rec.709-Standard es bieten konnte. HDR steht für High Dynamic Range und beschreibt im Grunde tiefere Schwarzwerte und gleichzeitig höhere Weißwerte im fertigen Filmbild, woraus ein größerer Dynamikumfang resultiert¹¹. Die Schwarzwerte eines

⁹ Kodak Vision3 200T Color Negative Film 5213/7213 Datenblatt, PDF

¹⁰ Dolby Vision Whitepaper, <https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-vision/ictcp-white-paper.pdf>

¹¹ SMPTE GV-Expo Paper 2018, <https://www.smpete.org/sites/default/files/section-files/GVExpo2018%20SMPTE%2003%20-%20High%20Dynamic%20Range%20-%20Humphrey.pdf>

herkömmlichen SDR-Displays (Standard Definition Range) liegen bei ca. 0.1 cd/qm, in HDR hingegen werden 0,001-0,005cd/qm als angenehm empfunden. Die höchsten Weißwerte in SDR schwanken zwischen ca. 60 cd/qm und ca. 400 cd/qm (Durchschnitt 100 cd/qm), während ein HDR-Signal 1000 cd/qm bis 10.000 cd/qm erlaubt. Geht man von diesen Werten aus, ist das HDR-Signal bis zu 100x dunkler und 100x heller als das SDR-Signal.¹² WCG als Ergänzung steht für Wide Color Gamut, also einen größeren Farbraum als bisher, in dem mehr Farben enthalten sind. Dies bezieht sich in den meisten Fällen auf den Rec.2020 genannten Farbraum.

Um den gewonnenen Dynamikumfang ohne Color Banding, also abreißende Luminanzverläufe im Bild, darstellen zu können, braucht das Bild eine größere Bittiefe. Bisher wurden Displays mit 8bit oder 6bit und Dithering hergestellt, was 256 Luminanzabstufungen in jedem Farbkanal entsprach. Um ein Bild mit Bildrauschen wie Filmgrain oder digitalem Noise mit für die menschliche Wahrnehmung flüssigen Farbverläufen in HDR darstellen zu können, benötigt es mindestens 10bit, wobei erst 12bit optimal wären. Bei rauschfreien Bildern wie Animationen erhöht sich der Bedarf auf wenigstens 12bit. 10bit entsprechen 1024 Luminanzabstufungen pro Farbkanal, bei 12bit sind es 4096 Abstufungen. Mit einer effizienteren Farbunterabtastung (Chroma Subsampling) namens ICtCp¹³, die zukünftig in einigen Video-Codecs implementiert werden könnte um das bisherige YCbCr abzulösen, verringert sich der Bedarf an Abstufungen weiter, sodass eine 10bit-Aufnahme flüssige Farbverläufe in HDR garantieren kann.

4.2.2 HDR-fähige Kameras

Da moderne Kameras genügend Blendenstufen an Dynamikumfang aufnehmen können, um den Dynamikumfang von HDR-Displays zu füllen, ergibt sich als Flaschenhals ausschließlich die Bittiefe des aufgenommenen Bildes. Kameras, die ein 8bit-Bild aufnehmen, sind für den Einsatz in HDR-Produktionen eher ungeeignet, da in Farbverläufen unschöne Abstufungen sichtbar werden. Alle modernen Kinokamerasysteme nehmen jedoch Informationen in 10bit bis 16bit auf, weshalb die Sorge um 8bit nur bei B-Kamerasystemen wie der Canon 5D Mark iii angebracht ist.

Das Kameraaufgebot für "Behindert sagt man nicht" enthielt zwei 8bit-Kameras: Die Sony A7s und ihren Nachfolger, die Sony A7sii. Da der Film jedoch nicht in HDR gemastert wird, stellte dies kein größeres Problem dar. Je nach Bildinhalt wäre es aber auch für einen Film, der in HDR ausgewertet werden soll, möglich, einige wenige 8bit-Bilder einzustreuen, ohne dass dem Zuschauer dies negativ auffällt.

¹² Standardpapier Rep. ITU-R BT-2390-0, S. 2

¹³ Standardpapier Rep. ITU-R BT-2390-0, S. 29

4.3 Film- und Sensorgröße

Während Filmgrößen weitgehend standardisiert sind, da sie in Kamerasysteme verschiedenster Hersteller passen müssen, ist das bei digitalen Sensoren anders.

Super 16mm:	12,42 mm
35mm 4-perf & 3-perf:	24,90 mm
35mm:	24,90 mm
35mm 2-perf:	24,00 mm
35mm Vistavision 8perf horizontal:	37,72 mm
65mm 5-perf:	52,63 mm
70mm IMAX:	70,00 mm ¹⁴

Daraus entstand über die Jahre eine große Auswahl an Sensorgrößen. Die meisten davon drehen sich um den Super35mm-Filmstandard, neuerdings sind größere Sensoren in Mode, die bis zum 65mm-Filmstandard reichen.

Alexa Classic / Mini:	23,80 mm
Alexa XT:	28,17 mm
Alexa LF:	36,70 mm
Alexa 65:	54,12 mm ¹⁵

Da alle Formate eine qualitativ hochwertige Aufnahme garantieren können, hat die Kameraperson die Möglichkeit, die Film- oder Sensorgröße als bildgestalterische Entscheidung zu nutzen. Natürlich ist es möglich, verschiedene Filme und Sensoren für ein einziges Filmprojekt zu nutzen. Oftmals ist es aber praktisch, einen Sensor oder Film für das größte gewünschte Format zu nutzen und dessen Bildebene zu beschneiden, falls ein kleineres Format gewünscht ist.

Die Größe des Films und Sensors beeinflusst vordergründig die Tiefenschärfe des Bildes: Je größer der Sensor, desto größer die Unschärfekreise und desto kleiner der Schärfebereich, in dem die Darsteller sich bewegen [siehe Kapitel "Bokeh"]. Ein weiterer Punkt ist jedoch die technische Sauberkeit des Bildes. Größere Sensoren und Filme produzieren in Relation zur Sensorgröße weniger Halation und chromatische Aberrationen [siehe Kapitel "Schärfe und chromatische Aberrationen"] als Kleinere, weshalb mehr Details im Bild erkennbar sind. Das liegt zum Teil auch an einfacher zu fertigenden Optiken für größere Linsen-Mounts [siehe LPL-Mount im Kapitel "Schärfe und chromatische Aberrationen"]. Ferner hat ein größerer Sensor den Vorteil, dass größere Photosites eingesetzt werden können, die weniger Bildrauschen erzeugen.

Im Filmprojekt 'Behindert sagt man nicht' wurde als größtes System der Sensor der Sony VENICE genutzt. Das volle Format des Chips wurde allerdings nur für den finalen Showdown eingesetzt. Mit dem integrierten 4k-Crop-Modus kann ein Super35-Sensor simuliert werden - so erhält man zwei verschiedene Formate in einer einzigen Kamera. Dieses Format wurde für die restlichen Szenen genutzt. So kann das Bild der Sony VENICE im Vergleich zu dem der F55 und FS7 einfach mit gleichen Blendenzahlen gedreht und im Schnitt gemischt werden. Ein Einzoomen ins Bild bis auf Super16-Format wäre auch denkbar, wobei die Auflösung 4K dann unterschreitet

¹⁴ Roberto Schaefer ASC AIC Webinar zu Formatentscheidungen, https://www.kodak.com/uploadedfiles/motion/Kodak/motion/Education/Webinars/Roberto_Schaefer_Format_Choices_Webinar.pdf

¹⁵ Interaktiver Formatvergleich, <http://phfx.com/tools/formatCompare/>

4.4 Chroma Subsampling: 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0

In Kapitel 4.1 wurde bereits darauf eingegangen, dass mehr Messdaten eine größere Flexibilität in der Nachbearbeitung bedeuten. Dies lässt sich auch auf das Thema dieses Kapitels anwenden. Beim Chroma Subsampling werden Farbinformationen pixelweise ausgelassen, um an der Dateigröße sparen zu können. 4:4:4 steht hierbei für den kompletten Farbdatensatz aus R, G und B für jeden Pixel des Bildes (Rot-Grün-Blau). Im 4:2:2-Bild wird auf horizontaler Bildebene jeder zweite Rot- und Blau-Pixel ausgelassen. Die Werte dazwischen werden interpoliert. So verringert sich die Farbauflösung horizontal. Ein 4:2:0-Bild verringert die Farbauflösung auf gleiche Weise horizontal sowie vertikal. Die Luminanz-Auflösung bleibt bei beiden Methoden auf dem selben Niveau wie ein 4:4:4-Bild. Die Pixelauflösung bleibt dabei gleich, nur die Farbkanäle verlieren durch Chroma Subsampling an Schärfe.

Es gilt somit, dass ein 4:4:4-Bild im Allgemeinen schärfer, weil genauer als ein 4:2:2-Bild ist, und jenes schärfer als ein 4:2:0-Bild ist. Möchte eine Kameraperson das schärfste Bild einfangen, sollte sie sicherstellen, dass die Kamera oder der Filmscanner ihr Bild in einen Codec schreibt, der kein Chroma Subsampling vornimmt. Der Unterschied eines 4:4:4-Bildes zu einem 4:2:2-Bild ist noch nicht gravierend und fällt selten sofort auf, wobei ein 4:2:0-Bild durchaus aus der Reihe fällt.



Originales 4:4:4-Bild ohne Chroma Subsampling. Auflösung: 307x72 Pixel



Das gleiche Bild mit 4:2:0-Chroma Subsampling¹⁶. Auflösung: 307x72 Pixel

Die A-Kameras im "Behindert sagt man nicht"-Projekt nehmen eine RAW-Variation ohne Chroma Subsampling auf. Die B- und C-Kameras hingegen, namentlich Sony FS7, Sony A7sii, Sony A7s mit Blackmagic Video Assist Recorder und die DJI Phantom 4 Pro-Drohne nutzen Chroma Subsampling in ihren Codecs. Aus Erfahrung wurde darauf vertraut, dass das Bild der Sony FS7 mit dem der A-Kamera Sony F55 verschneidbar ist, weil der Schärfeunterschied nicht gravierend ist, obwohl die Sony FS7 nur ein 4:2:2-Signal schreibt. Schwieriger wird es bei 4:2:0-Kameras wie der Sony A7sii. Mit dieser Kamera sollten nicht die wichtigsten, bildgewaltigsten Einstellungen eines Films gedreht werden, da sie ein sehr viel verwascheneres Bild liefert als beispielsweise Sonys F55. Aus diesem Grund wurde sie nur für vereinzelte Einstellungen genutzt, wenn sie in der Anwendung durch ihre Größe und ihr Gewicht praktischer war als die schwereren A- und B-Kameras.

4.5 Dateiformate

Jeder Kamera- und Filmscannerhersteller nutzt eigene Dateiformate und Codecs, um die gemessenen Bilddaten darin unterzubringen. Die verschiedenen Formate tragen Namen wie X-OCN,

¹⁶ Public-Domain-Bilder von Wikipedia-Nutzer Glennchan, <https://en.wikipedia.org/wiki/User:Glennchan>

REDCODE RAW, XAVC, ArriRAW, Blackmagic RAW, ProRes RAW, ProRes 4444, SonyRAW, HEVC, h.264 oder CinemaDNG. Sie lassen sich in zwei grundlegende Kategorien unterteilen: RAW-Formate und komprimierte Codecs. RAW-Formate speichern grundlegend die rohen Messdaten des Sensors, während das De-Bayering in der Nachbearbeitung geschieht (für eine kurze Definition zum Thema De-Bayering siehe Kapitel "FullHD, 2K, 4K, 5K, 6K, 8K: Wahrgenommener Schärfegrad", dritter Absatz). Das hat zur Folge, dass Werte wie der Weißabgleich oder die ISO noch im Nachhinein verändert werden können, sowie die De-Bayering-Methode noch verändert werden kann. Komprimierte Codecs dagegen versuchen, Speicherplatz zu sparen, indem sie nach dem De-Bayering zeitliche und/oder räumliche Kompressionsalgorithmen anwenden. Darunter leidet die Bildqualität mitunter enorm und die Kameraperson ist weniger frei in ihrer Bildgestaltung, weil weite Einstellungen mit viel Bilddetail an Wirkung auf der Leinwand verlieren.

Die A- und B-Kameras in "Behindert sagt man nicht" nutzen hauptsächlich RAW-Formate, nur die Sony FS7 komprimiert ihre Daten in das XAVC-Format. Dieses nutzt den höchsten h.264-Standard (5.2 aus h.264/MPEG-4 AVC)¹⁷ und hält sich im Vergleich zum SonyRAW der Sony F55 erstaunlich gut. Für Totalen mit sehr viel Bilddetail ist die Sony FS7 im Vergleich jedoch nicht geeignet. Weitere Formate umfassen ProRes422 auf dem Blackmagic Video Assist, der weniger komprimiert als die h.264-Variante in der Sony A7s und A7sii. Die DJI-Drohne komprimiert nach einem neueren Standard, HEVC, auch h.265 genannt, und produziert so erstaunlich detailreiche Bilder bei geringer Dateigröße. Der HEVC-Codec ist jedoch schwieriger handhabbar und muss in der Nachbearbeitung meist zwingend umgewandelt werden. Viele, vor allem ältere Videoplayer, NLEs und VFX-Softwares haben Probleme, den Codec zu decodieren. Ein Format-Problem gab es kurzfristig auch bei den X-OCN-Daten (Extended tonal range Original Camera Negative) der Sony VENICE. Das Format ist sehr neu und die Software Blackmagicdesign Davinci Resolve 14, mit der die Proxy-Dateien für den Filmschnitt codiert wurden, interpretierte die Daten falsch. Das Bild wies starke Farbverzerrungen auf. Weil X-OCN das De-Bayering auf die Nachbearbeitung verschiebt und nicht bereits in der Kamera regelt, muss die Software das De-Bayering übernehmen. Das korrekte Sony-Debayering für die neuen X-OCN-Formate wurde aber erst in Davinci Resolve 15 implementiert. Durch das Software-Update wurden die Farben wieder korrekt dargestellt. Wird mit den neuesten Kameras auf den neuesten Formaten mit geringstem Bilddetailverlust gedreht, ist es empfehlenswert, auch die neueste Software zu nutzen.

¹⁷ XAVC-Dokumentation, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/XAVC>



Still aus dem von Blackmagicdesign Davinci Resolve 14 produzierten Proxy einer Einstellung zu "Behindert sagt man nicht". Das De-Bayering der Software ist nicht auf dem aktuellsten Stand des genutzten X-OCN ST-Formats.



Still aus dem von Blackmagicdesign Davinci Resolve 15 produzierten Proxy zur gleichen Einstellung. Blackmagic hat den neueren De-Bayering-Algorithmus von Sony implementiert.

5. Ästhetik

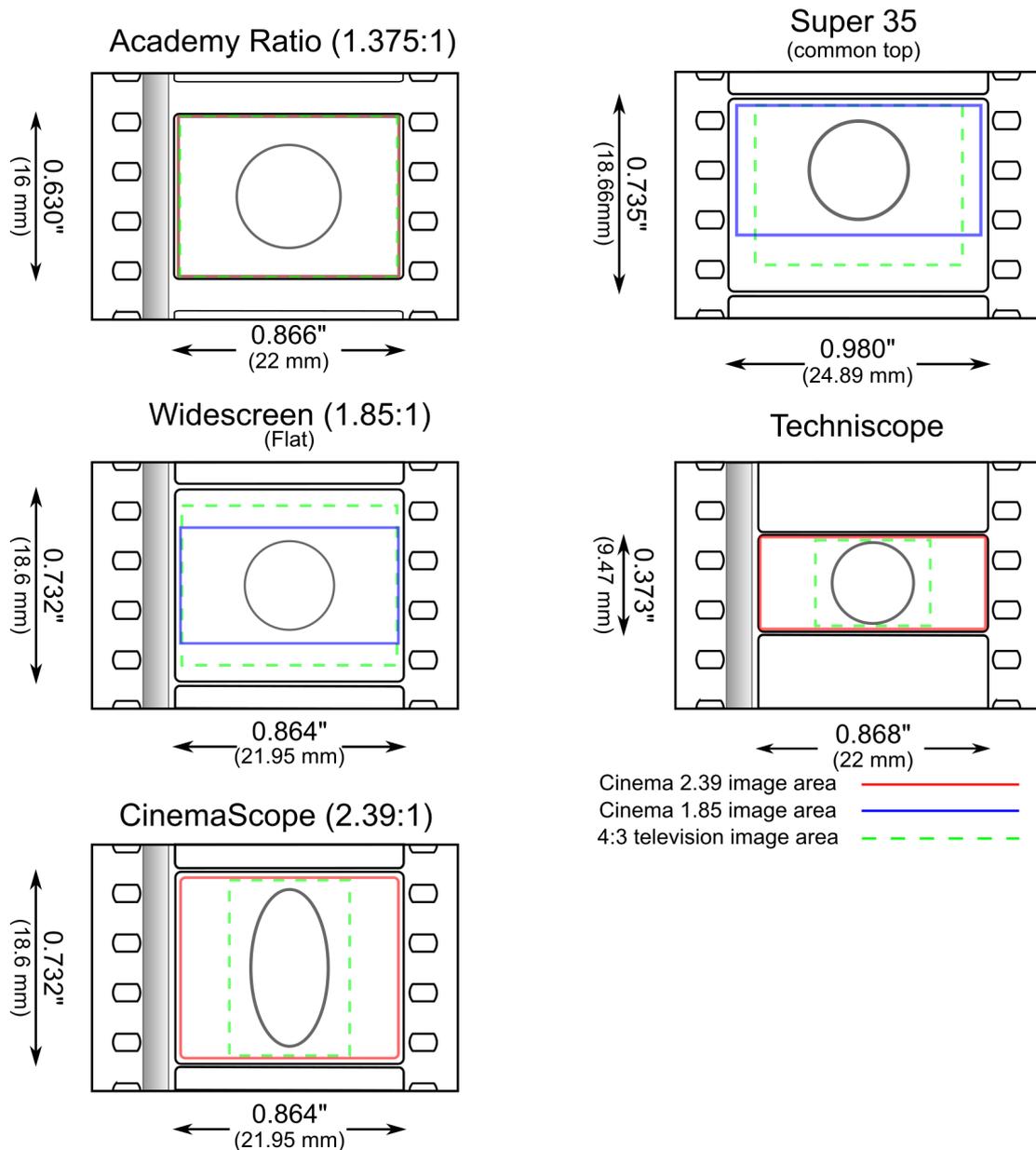
5.1 Seitenverhältnisse

Das Seitenverhältnis eines Filmbildes wird als Verhältnis von Bildbreite zu Bildhöhe angegeben: X:Y. Typischerweise besitzt ein Film ein einziges, einheitliches Seitenverhältnis - diese Regel weicht aber langsam auf. Um zu verstehen, welchem Zweck die verschiedenen Seitenverhältnisse dienen und wie man sich diese gestalterisch zu Nutze machen kann, wird im Folgenden kurz auf die Geschichte des Seitenverhältnisses eingegangen.

Thomas Edisons "Kinetoskop" von 1902 hatte aufgrund der Bildhöhe von 4 Perforationslöchern auf dem Medium ein Seitenverhältnis von 4:3, anders ausgedrückt: 1,33:1. Dieses Seitenverhältnis wurde weltweit anerkannt und genutzt. Als Ende der 1920er- und in den beginnenden 1930er-Jahren der Tonfilm einzug hielt, wurde neben dem Filmbild Platz für eine optische Tonspur gelassen: Das Seitenverhältnis der Filme wurde höher, jedoch setzte sich kein Standard durch. Die Leinwände blieben gleich breit und gleich hoch. 1937 wurde dann das "Academy Ratio" durch die Academy of Motion Picture Arts and Sciences (AMPAS) festgelegt. Hier wurde das Filmbild am linken und unteren Rand beschnitten, um auf ein ähnliches Filmformat zu kommen: 1,37:1. So wurden die vorhandenen Leinwände in den Kinosälen trotz Tonfilm optimal ausgenutzt. In den 1950er- und 60er-Jahren versuchte das Kino, sich durch ein breiteres Seitenverhältnis vom Fernsehen abzusetzen. Das Cinerama-Format in 2,59:1 war sehr begehrt, aber selten zu sehen. Der Film wurde horizontal statt vertikal durch die Kamera gezogen, um dem breiten Bild genügend Fläche zu bieten, was aber den Filmverbrauch stark erhöhte. Um Kosten zu reduzieren, wurden anamorphe Linsen eingesetzt, die das Filmbild horizontal stauchten, um den gleichen Bildinhalt, den Cinerama bietet, nun auf vertikal durch die Kamera gezogenen Film aufzunehmen.

In Kinos wurde eine entgegengesetzte anamorphe Linse eingesetzt, um das gestauchte Bild wieder zu korrigieren. Im Folgenden hatte das Filmbild vertikal eine höhere Auflösung als horizontal, was aber nicht weiter auffiel. Dieses Format bekam den Namen "Cinemascope" und hatte das Seitenverhältnis 2,35:1. Noch kosteneffizienter, aber weniger hoch aufgelöst, war das Format in 1,85:1, welches bei Filmemachern und Publikum schnell sehr beliebt wurde. Gleichzeitig versuchte das Filmstudio Paramount, ein anderes Problem zu lösen: Es wollte das Bildrauschen (Filmkorn) reduzieren, indem es wie in Cinerama den Film horizontal drehte und wählte ein Seitenverhältnis von 1,85:1, was 8 Perforationslöchern auf 35mm-Film entspricht, "VistaVision" war geboren. Panavision hingegen, ein Kamera- und Linsenhersteller, suchte nach einem Markt für größere Systeme. So wurden Filme auf 65mm-Film gedreht und auf 70mm-Film projiziert. Das Ergebnis war beispielsweise ein Bild mit weniger Filmkorn und einem Seitenverhältnis von 2,76:1 für den Film "Ben Hur". Das heute von Fernsehern bekannte 16:9-Seitenverhältnis wurde in den 1980er-Jahren als Kompromiss zwischen den zwei Formaten "Academy Ratio" (1,37:1) und "Cinemascope" (2,35:1) erfunden. Für das digitale Zeitalter wurden die beliebtesten Formate 1,85:1 und 2,35:1 in den DCI-Standard übernommen, wobei aus 2,35:1 wegen einer sinnvolleren Pixelzahl ein Verhältnis von 2,39:1 wurde.¹⁸

¹⁸ The Changing Shape of Cinema: The History of Aspect Ratio, <https://www.youtube.com/watch?v=3CgrMsjGk7k>



Darstellung verschiedener Seitenverhältnisse¹⁹

Offensichtlich war das Seitenverhältnis der Mainstream-Filmbilder also nie vordergründig von einer künstlerischen Sichtweise geprägt - eher von einer wirtschaftlichen Sichtweise aufgrund von Materialverbrauch (Filmrollen) oder Publikumsgeschmack (Cinerama).

Um Seitenverhältnisse auf künstlerischer Ebene zu verstehen, lohnt sich der Blick auf die traditionelle Kunstszene. Berühmtester Vertreter eines bestimmten Formats ist Leonardo DaVinci, dessen Gemälde oft in 2:1 gemalt wurden. Als Begründung nannte DaVinci den Goldenen Schnitt, der besonders gut in dieses Format passe. Das Seitenverhältnis einer Leinwand im Goldenen Schnitt wäre aber in der Praxis 1,618:1. Das im Durchschnitt meistgewählte Format für traditionelle Kunst bleibt aber circa 1,3:1, nur von Künstler zu Künstler variierte das Format gelegentlich.²⁰

¹⁹ für dieses Dokument veränderte Grafik von Wikipedia-Nutzer <https://en.wikipedia.org/wiki/User:Megapixie>, Lizenz CC-BY-SA 3.0

²⁰ "Aspect Ratios in Art", WolframAlpha, <https://blog.wolfram.com/2015/11/18/aspect-ratios-in-art-what-is-better-than-being-golden-being-plastic-rooted-or-just-rational-investigating-aspect-ratios-of-old-vs-modern-paintings/>

So malten Titian und Rembrandt eher in 1,2:1, während Boticelli 1,5:1 bevorzugte und Frida Kahlo im Schnitt auf 1,4:1 malte.

Auch die kunst- und wirtschaftsgeschichtlichen Hintergründe kann und sollte sich eine Kameraperson bei der Wahl eines Seitenverhältnisses für seinen Film zunutze machen: Ein Film über Leonardo DaVinci in 2:1²¹ oder über barocke Kunst im Academy Ratio 1,37:1 bieten sich an, oder ein anamorph gefilmter Streifen über die 60er- oder 70er-Jahre in 2,35:1.

Die Kamera, die Filmrolle, die Fernseher und die Projektoren spielten immer eine zentrale Rolle für das Seitenverhältnis. Seit die meisten Filme digital aufgezeichnet und abgespielt werden, wird es aber immer einfacher, davon abzuweichen. Ein Film kann auf mehreren unterschiedlichen Formaten aufgezeichnet werden: In der Nachbearbeitung kann das Bild wieder so beschnitten werden, dass es zu den anderen genutzten Seitenverhältnissen passt. Das Verhältnis kann sogar auf einfachste Art während des Films verändert werden.²² Der Kamerahersteller RED produziert alle seine Chips in 2:1, weil er das für den sinnvollsten Kompromiss zwischen allen verfügbaren, gängigen und möglichen Seitenverhältnissen hält. Ein besonders hohes Bild wird in Kinoproduktionen heute kaum mehr gewünscht, daher stellt der breite Sensor kein Problem dar - außer, es wird mit anamorphen Linsen gedreht. Hierfür braucht es in den meisten Fällen ein besonders hohes Aufnahmemedium wie es beispielsweise die ARRI Alexa oder die Sony Venice es bieten können. Zu beachten ist hier der Kostenfaktor, denn eine Kamera mit höherem Sensor hat einen höheren Kaufpreis und eine höhere Miete als eine Kamera mit breitem Sensor. Sony vermietet für die Sony Venice beispielsweise eine "Anamorphic-License", die zusätzlich zum Gesamtpaket bezahlt werden muss. Eine anamorphe Filmproduktion kann also teurer sein als eine Filmproduktion mit ausschließlich sphärischen Linsen.

Eine Besonderheit unter den Seitenverhältnissen im Kino ist das IMAX-Format. IMAX ist Event-Kino wie Cinerama in den 50ern: Filme werden "auf IMAX" für IMAX-Kinos gedreht. Es handelt sich um eine 70mm-Filmprojektion in 1,36:1, die in großen Multiplex-Kinosälen angeboten wird. IMAX ist eine Firma, die ebenfalls ihre eigenen Kameras herstellt und somit ein Interesse daran hat, dass Filme auf diesem Kamerasystem gedreht werden. Der Film selbst besitzt einen horizontalen Bildlauf und durch die 70mm Breite Projektion eine sehr hohe Auflösung. IMAX-Filme werden in 11K gescannt²³, sobald sie digitalisiert werden. Zusätzlich zum aufwendigen Scan ist auch die Leihgebühr für IMAX-Kameras sehr hoch, weshalb kaum ein Film (Ausnahme ist beispielsweise "Dunkirk", Kamera Hoyte van Hoytema) ausschließlich auf IMAX gedreht wird; die bildgewaltigsten Szenen bekommen das IMAX-Upgrade, während Dialogszenen regulär gedreht werden. So kommt es, dass Kamerapersonen für zwei Seitenverhältnisse kadrieren müssen. Das passiert am ehesten bei Blockbuster-Filmen wie den meisten Marvel-Comicverfilmungen. Ist das reguläre Seitenverhältnis des Films beispielsweise 2.39:1, muss der Frame nach oben und/oder unten kompositorisch trotzdem berücksichtigt werden. Man spricht von "Protect for IMAX". Nicht immer ist das ohne Weiteres möglich, weshalb das Seitenverhältnis in manchen Filmen von Szene zu Szene sogar von Einstellung zu Einstellung wechselt. Als Beispiel sei "Transformers: The Last Knight" genannt, der in IMAX-Sälen auf acht (reguläre Leinwand: sieben) verschiedenen Seitenverhältnissen²⁴ gezeigt wurde. Das spiegelt sich auch in der Anzahl der Kamerasysteme wieder: Es wurden sechs Highend-Kameras eingesetzt.

²¹ Univisium, 2:1-Format von Vittorio Storaro, angelehnt an Davinci, <https://en.wikipedia.org/wiki/Univisium>

²² Vgl. "Mommy", Kinospießfilm, Kameramann André Turpin

²³ "A Clear Look at the Issue of Resolution", David E. Williams, American Cinematographer Magazine, basierend auf der Testreihe von Steve Yedlin ASC und Jaron Present ASC, <https://ascmag.com/articles/a-clear-look-at-the-issue-of-resolution>

²⁴ Reddit-Diskussion zum Thema Seitenverhältnisse in "Transformers: The Last Knight", https://www.reddit.com/t/editors/comments/7wjs79/til_transformers_the_last_knight_has_aspect_ratio/

5.2 Linsenwahl

Die Wahl der Kameralinsen beeinflusst, wie das Licht einer Szene gebündelt und auf das Aufnahmemedium (Sensor oder Film) geleitet wird. So kommt dieser Wahl eine Schlüsselrolle zum visuellen Endprodukt zu.

5.2.1 Schärfe und chromatische Aberrationen

Aktuelle Optiken, die für den Einsatz am Spielfilmset hergestellt wurden, zeichnen sich meistens durch besondere neutrale Schärfe bis zu den Randbereichen der Linse aus. Die Linsen sind gut darin, alle Farbspektren genauestens auf das Aufnahmemedium zu projizieren, was ein glasklares Bild zum Resultat hat. Der Detailkontrast an den Kanten eines Objektes wird in dessen bildlicher Darstellung so genau wie möglich nachgebildet, was in der menschlichen Wahrnehmung ein scharfes Bild zur Folge hat. Das schärfste Bild ist jedoch nicht immer das Ergebnis, das sich die Kameraperson wünscht.

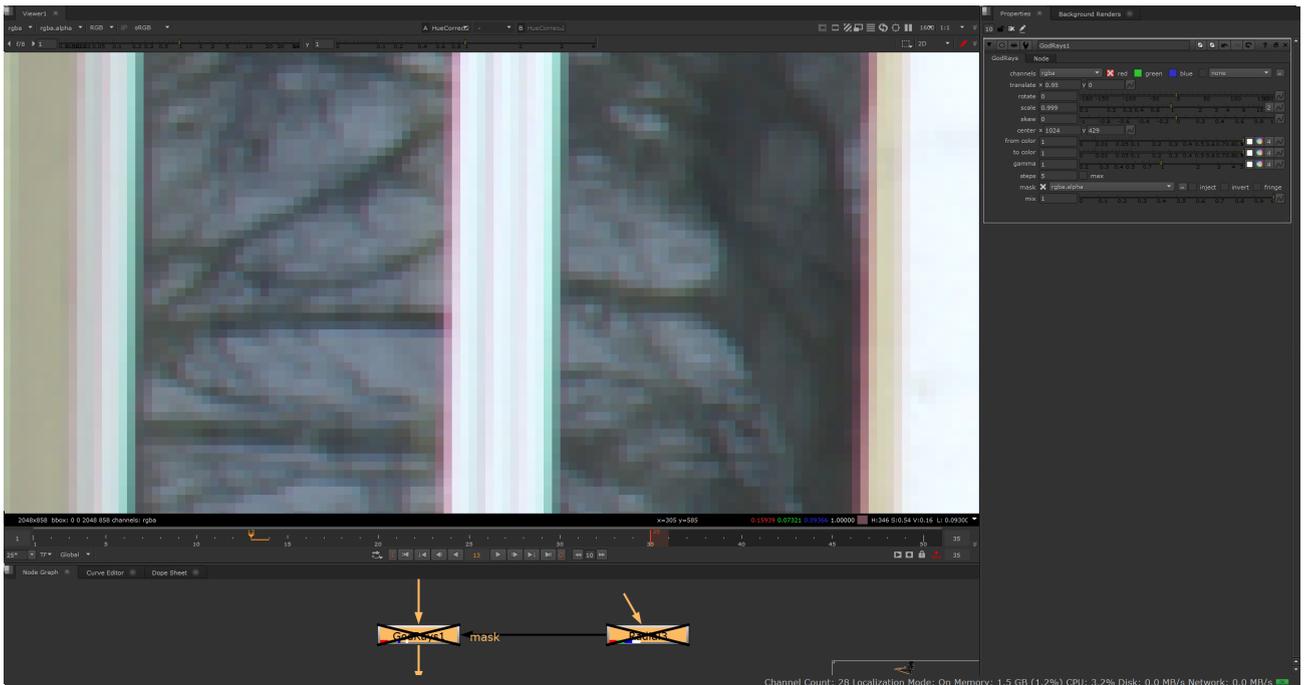
Häufig werden chromatische Aberrationen als ästhetisches Mittel genutzt, um dem Bild etwas Organisches und Unperfektes zu verleihen. Ist dies gewünscht, kann auf alte Linsensysteme zurückgegriffen werden. Hier bieten sich Festbrennweiten aus den 70er-Jahren an, die oftmals als „Rehoused“-Version mit aktuellen Mounts und neuer Mechanik von kleinen Herstellern auf den Markt gebracht werden. Zum anderen Extrem tendieren die großen Optikhersteller, welche immer klarere und genauere Bilder liefern.



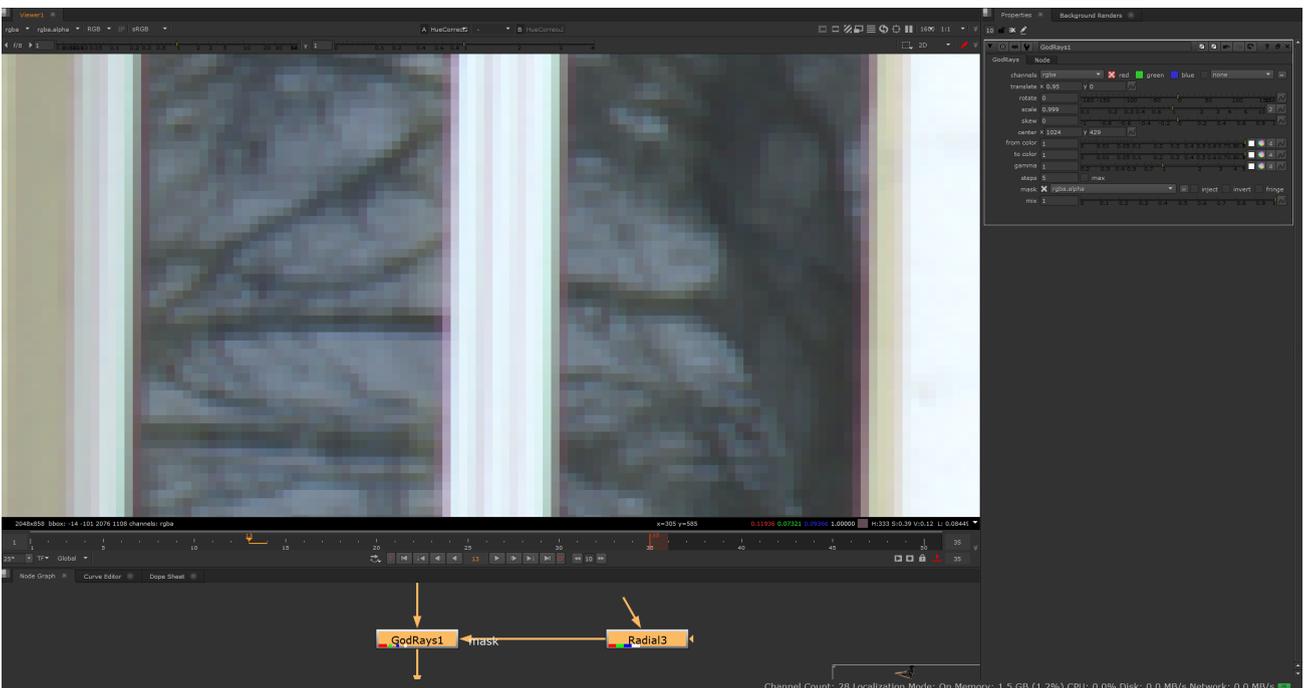
Standbild aus "Behindert sagt man nicht": Erster Frame der Einstellung. Das Auto ist computergeneriert, der Hintergrund ist echt



Letzter Frame der Einstellung: Fokusverlagerung auf den Hintergrund. An den Fensterrahmen werden auf der Kinoleinwand chromatische Aberrationen erkennbar



Eindeutig erkennbare Aberrationen am Fensterrahmen in magentarot und cyantürkis



Reduzierung der Aberrationen durch Verzerren der Farbkanäle in der Compositing-Software "Nuke"



Fehlende Aberrationen im computergenerierten Bild



Künstlich hergestellte Aberrationen durch Verzerren der Farbkanäle, sichtbar an der schwarzen Umrandung des Stickers

Zuletzt wurde erkannt, dass der aufkeimende Trend, statt dem traditionellen Super35-Aufnahmeformat größere Formate wie FullFrame und 65mm zu nutzen, einen größeren Mount (die Verbindung zwischen Linse und Kamera) möglich macht. Arri hat kürzlich einen größeren Mount an seiner ALEXA LF und ALEXA 65 vorgestellt, der ebenfalls von anderen Anbietern genutzt werden darf: Der LPL-Mount (Large Positive Lock) statt dem traditionellen PL-Mount (Positive Lock). Ein größerer Mount ermöglicht wiederum genauere Fertigungstechniken bei der Optik, welche dadurch weniger Verzerrungen aufweist. Chromatische Aberrationen können so noch weiter minimiert und leichter gesteuert werden. Moderne Linsen versuchen, ihre chromatischen Verschiebungen in den Farbtönen

blau und orange zu halten²⁵, was dem Farbspektrum der menschlichen Haut, die häufig Bildinhalt ist, zugute kommt. Ältere Linsen weisen chromatische Verschiebungen meist in den Farbtönen Grün und Magenta auf, was Haut meist kränklich und unnatürlich aussehen lässt und an Kontrastkanten stärker auffällt als orange-blau-Verschiebungen. Orange und blau werden zudem gern als Kalt-Warm-Kontrast in Set- und Lichtdesign genutzt, wobei Magenta und Grün weniger häufig zu sehen sind: Mit blau-orangen Verschiebungen lässt sich also ein homogeneres Bild erzeugen.

Wird analog auf Film gedreht, ist ein weiterer Effekt erkennbar: Die Halation, die einen "Halo"-Effekt entstehen lässt. Ähnlich der chromatischen Aberration bei digitalen Sensoren entsteht ein farbiger, meist rötlicher Saum um kontrastreiche Kanten im Bild. Halation entsteht durch Rückreflexionen in die drei Schichten des herkömmlichen Films, die aufeinander liegen: Sie sind jeweils empfindlich für Cyan, Magenta und Gelb. Durch eine "Antihalation"-Schicht unter der letzten farbempfindlichen Filmebene wird versucht, die Rückreflexion der untersten Filmschicht zu vermeiden und so die Halation möglichst in Grenzen zu halten²⁶. Halation gilt als ästhetischer als chromatische Aberrationen. Beide Effekte sind jedoch in der Nachbearbeitung reproduzierbar und so gezielt durch kreative Entscheidungen dort einsetzbar, wo sie gewünscht sind²⁷.

"Behindert sagt man nicht" arbeitet mit vielen verschiedenen Optiken, die trotzdem einen visuell konstanten Bildeindruck schaffen sollen. Um das zu erreichen, habe ich Optiken gewählt, die ähnlich scharfe Bilder erzeugen - lediglich die Tokina Vista Primes sind wesentlich performanter als beispielsweise die Angenieux Optimo Style-Zooms. An dieser Stelle ist der Kontrast des finalen Showdowns im Vergleich zum Rest des Films eine künstlerische Entscheidung.

Größere Probleme mit chromatischen Aberrationen gibt es im Film lediglich in einer Einstellung, die mit einem alten 25-250mm Angenieux-Zoom gedreht wurde. Da hier der Blick durch eine Fensterscheibe über einen gesamten Schulhof hinweg erzählt wird, finde ich die resultierende Weichheit und Kontrastlosigkeit des Bildes aber passend oder zumindest wenig störend. Für diese Einstellung war die lange Brennweite wichtiger als ein kompromisslos scharfes Bild.

5.2.2 Festbrennweiten und Zoomlinsen

Je komplexer ein Linsensystem wird, desto schwieriger wird dessen Herstellung. Je schwieriger dessen Herstellung, desto geringer die optische Leistung der Linse. Daher haben komplexe Zoomlinsen stärkere optische Verzerrungen als deren eher einfache Festbrennweiten-Pendants. Das genaueste Bild ist also von Festbrennweiten zu erwarten. Eine Zoomoptik tendiert häufig zu einer verdunkelnden Vignettierung und verringerten Kontrastleistung, je stärker der Zoomfaktor ist. Zoomlinsen haben jedoch andere Vorteile: Das Handling. Wenn die Kameraperson wie beim Dokumentarfilm sehr schnell auf sich verändernde Bildinhalte reagieren muss, ist es von Vorteil, die gewünschte Brennweite an einem Ring einzustellen, anstatt einen Assistenten loszuschicken, der einen Optikkoffer hervorholt und die Optik wechselt. Verpasst die Kameraperson den Moment aufgrund eines Optikwechsels, verliert der Film gegebenenfalls eine wichtige Einstellung. In dieser Situation ist der Wert einer zusätzlichen Einstellung ungleich höher als der Wert von weniger Vignettierung und größerer Kontrastleistung.

Die deutschen Gesetze für Kinderdarsteller im Film sind klar und sehr ungewohnt für ein Filmset, an dem der 10-Stunden-Arbeitstag nicht selten überschritten wird. Kinder dürfen 3 Stunden pro Tag

²⁵ "Chromatic Aberration: Hard Edges, Hue Shifts and Storytelling" von Art Adams, Cinema Lens Specialist bei ARRI, <https://www.provideocoalition.com/chromatic-aberration-hard-edges-hue-shifts-and-storytelling/>

²⁶ "Kodak Color Films" S.31, PDF,

https://www.kodak.com/uploadedfiles/motion/US_plugins_acrobat_en_motion_education_kodak_color_films.pdf

²⁷ "On Color Science", Steve Yedlin, <http://yedlin.net/OnColorScience/index.html>

drehen und sich insgesamt 5 Stunden am Set aufhalten. Grund genug, überall Zeit einzusparen, wo es nur geht. Also wurde der Film hauptsächlich auf Zoomoptiken gedreht, um schnell auf Änderungen reagieren zu können und so wenige Optikwechsel wie möglich durchführen zu müssen. Das sorgte dafür, dass mehr Zeit in die Bildkomposition als in Entscheidungen für bestimmte Brennweiten und deren Einrichtung floss. Zudem wurde auffallend mehr experimentiert, wie andere Brennweiten als geplant in den jeweiligen Einstellungen wirken könnten.

5.2.3 Bokeh

Das Bokeh eines Bildes ist ein Zusammenspiel aus den Linsen der Optik, der Form und Größe der Blende und der Größe des Aufnahmemediums. Je größer die Blendenöffnung und je größer das Aufnahmemedium, desto weniger Tiefenschärfe kann aufgenommen werden. Es ist zu beobachten, dass das gefilmte Subjekt in heutigen Filmproduktionen zunehmend durch Unschärfe vom Vorder- und Hintergrund freigestellt wird. Dies wird durch technische Entwicklungen begünstigt: Zum einen leisten moderne Optiken auch bei offener Blende eine annehmbare Schärfe und gute Kontrastverhältnisse, zum anderen werden die Aufnahmemedien zunehmend größer. Beide Entwicklungen begünstigen zudem kleinere Lichteinheiten an Filmsets, was Umbauzeiten und technische Komplexität des Sets drastisch reduzieren kann. Die visuelle Wirkung des immer ausgeprägteren Bokehs als gestalterisches Mittel mit einzubeziehen, hat somit an Wichtigkeit für die Bildgestaltung gewonnen. Verschiedene Arten von Bokeh sind beispielsweise:

- Das eckige Bokeh, hervorgerufen durch weniger Blendenlamellen
- Das geformte Bokeh, hervorgerrufen durch einen Blendeneinschub
- Das anamorphe Bokeh, hervorgerrufen durch das horizontale Stauchen des Bildes durch ovale Linsen
- Das Swirly-Bokeh (Wirbelbokeh), hervorgerrufen durch eine Begrenzung des einfallenden Lichts an Blende und Frontlinse. Die Schnittfigur der zwei Kreise formt ein un rundes Bokeh, das als liegendes Oval immer orthogonal zum Bildmittelpunkt erscheint. Vor allem bei simplen Optiken zu sehen, fast ausschließlich in der Fotografie anzutreffen.

Die Ausprägung des Bokehs wird zudem ausschlaggebend durch die Blendenzahl beeinflusst. Viele Kamerapersonen legen für ihren Film in der Planung eine Blendenzahl fest, die sie in den meisten Einstellungen beibehalten möchten, um alle Bilder auf einer visuellen Linie zu halten. Das Gros der Filme wird auf Super35mm-Sensoren oder -Filmen gedreht und besitzt Blendenzahlen zwischen 2.0 und 5.6, wobei die Blendenzahl 5.6 ein tiefschärferes Bild erzeugt als die Blendenzahl 2.0. Für die erste Kameraassistentin am Set, die sich darum kümmert, dass der relevante Bildinhalt (meist die Augen des Darstellers) im Fokus sind, ist die Tiefenschärfe von besonderer Bedeutung. Je geringer die Blendenzahl, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Take wegen schwieriger Bedingungen für die erste Kameraassistentin wiederholt werden muss: Das Take war unscharf. Beim Wechsel zwischen verschiedenen Sensor- und Filmgrößen kann das Bokeh mit einfacher Mathematik angeglichen werden, um so ein konstant gleiches Bokeh zu erzeugen, falls dies gewünscht ist. Da der Grund für einen Wechsel auf ein größeres Sensor- oder Filmformat häufig der Wunsch nach mehr Bokeh und somit Separation des relevanten Bildinhalts vom Hintergrund ist, wird diese Formel in den meisten Fällen nicht genutzt:

$$f1 * F2 / F1 = f2$$

Hiermit können die Unschärfekreise²⁸ zweier Kameras angeglichen werden.

f_1 entspricht der Blende an Kamera #1

F_1 entspricht der Sensor- oder Filmbreite an Kamera #1

f_2 entspricht der Blende an Kamera #2

F_2 entspricht der Sensor- oder Filmbreite an Kamera #2

*Für die im Filmprojekt "Behindert sagt man nicht" eingesetzten digitalen Kameras in Kombination mit der aus gestalterischen Gründen gewählten Blendenzahl von 2.8 auf einer Sensorbreite von 24,00 mm ergeben sich die angeglichenen **Blendenzahlen** für jedes Kamerasystem wie folgt²⁹:*

DJI Phantom 4 Pro (Drohne): Sensorbreite 12,80 mm; $2,8 * 12,80 / 24,00 = 1,493$

Sony FS7: Sensorbreite 23,60 mm; $2,8 * 23,60 / 24,00 = 2,753$

Sony F55: Sensorbreite 24,00 mm; $2,8 * 24,00 / 24,00 = 2,8$

Sony VENICE 4K Super35: Sensorbreite 24,30 mm; $2,8 * 24,30 / 24,00 = 2,835$

RED EPIC-W Helium 8K: Sensorbreite 29,90 mm; $2,8 * 29,90 / 24,00 = 3,488$

Sony A7sii: Sensorbreite 35,60 mm; $2,8 * 35,60 / 24,00 = 4,153$

Sony VENICE 6K FullFrame: Sensorbreite 36,20 mm; $2,8 * 36,20 / 24,00 = 4,223$

5.2.4 Lens Flare

Hervorgerrufen durch die Anordnung der einzelnen Linsen innerhalb einer Optik entstehen je nach Winkel eines Lichtstrahls zufällig erscheinende Einstrahlungen, die zu hellen, meistens kreisrunden Verläufen auf der Film- oder Sensorebene werden. Diese können sehr schön, aber auch störend sein. Je nach Optik können Form und Ausprägung des Lensflares (deutsch "Linsenreflex") stark voneinander abweichen. Das bedeutet, dass beim gleichzeitigen Einsatz verschiedenster Optiken im gleichen Filmprojekt darauf geachtet werden muss, dass entstehende Lensflares einen ähnlichen Look haben; dass die Entstehung von Lensflares durch den Einsatz von geeignetem Equipment wie Kompendien und Blackwrap verhindert wird; oder dass die Lensflares gezielt pro Szene oder Einstellung eingesetzt werden.

Stören können Lensflares zum Beispiel, wenn sie die künstlich am Set erzeugte Lichtquelle verraten, oder wenn die Einstellung in der Postproduktion durch computergenerierte Bilder (im Folgenden bezeichnet als "die CGI": Computer-Generated Imagery) ergänzt werden soll. Ist der Lensflare statisch, kann die CGI relativ problemlos an den Lensflare angepasst werden. Verändert sich der Lensflare während der Einstellung, muss er nicht selten komplett herausretuschiert werden, um ihn später

²⁸ Vgl. Definition, Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Zerstreuungskreis>

²⁹ Vgl. Sensorformate: www.sony.com; <https://www.red.com/dsmc2>; <https://www.dji.com/de/phantom-4-pro/info>; www.vfxcamdb.com

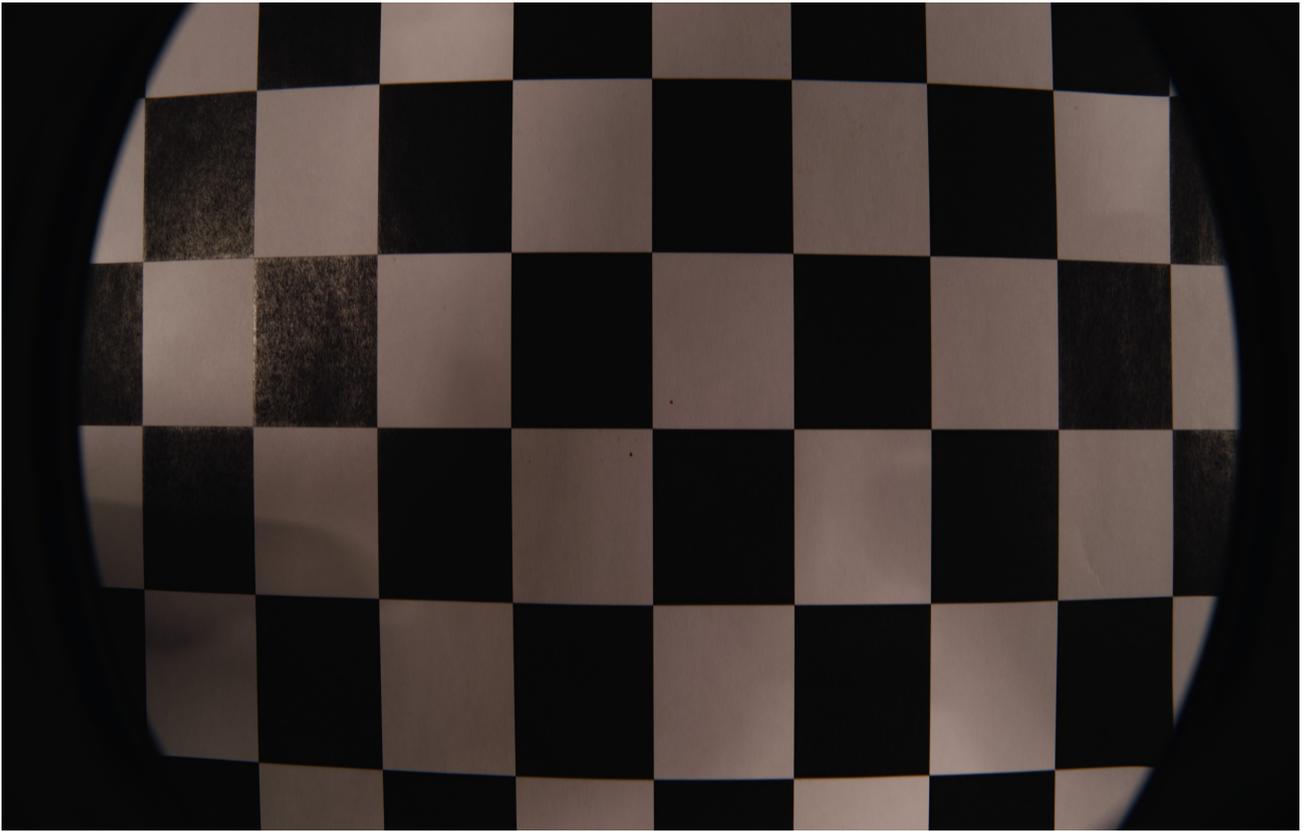
eventuell aus bildgestalterischen Gründen wieder künstlich herzustellen und erneut einzufügen. Für diese Zwecke ist es ratsam, beim Linsentest ein paar Takes von Lensflares vor schwarzem Untergrund zu drehen, die sich in der Nachbearbeitung als sehr hilfreich erweisen können.

Für "Behindert sagt man nicht" wurde darauf geachtet, keine Optiken mit ausgeprägten Lensflares zu benutzen. Schnell wäre wegen der häufigen Optikwechsel auch innerhalb einer Szene der Eindruck von Inkonsistenz entstanden. Alle genutzten Optiken sind äußerst wenig anfällig für Lensflares und falls ein Lensflare auftritt, ist er ein weicher, kreisrunder Verlauf. Nur eine der Optiken hat stärkere Probleme mit Lensflares: Im alten 25-250 mm Angenieux-Zoom bricht sich das Licht wesentlich ungünstiger als in den modernen Optiken, weshalb schnell das gesamte Bild von einer hellen Einstrahlung bedeckt wird. Zudem sind Front- und Rücklinse äußerst zerkratzt, was weitere Lichtbrechungen provoziert. Weil mit dieser Linse nur eine Einstellung geplant war (drei wurden gedreht), in der das Licht orthogonal zur Kameraachse einfällt, stellten diese Eigenschaften der Optik allerdings kein Problem dar.

5.2.5 Tonnenverzerrung

Als Tonnenverzerrung wird die optische Verzeichnung bezeichnet, die rotationssymmetrisch um einen Punkt herum auftritt. Dieser Punkt liegt auf dem Aufnahmemedium und wird als Verzerrungszentrum bezeichnet: Punkte auf dem Aufnahmemedium, die weiter von ihm entfernt sind, werden stärker verzerrt. Visuell ist die Tonnenverzerrung besonders bei Weitwinkelaufnahmen auffällig und kann charakterisierend wirken: Der Effekt ist in auffallend vielen aktuellen Werbespots zu sehen und somit dem ästhetischen Zeitgeist entsprechend. Weil der Effekt Aufmerksamkeit auf die Optik zieht, durch die der Zuschauer den Film sieht, wird er ebenfalls immer wieder in Filmen zum Kalten Krieg genutzt: Hier spielt die Optik als Spionageinstrument eine eigene Rolle im Film³⁰.

³⁰ Vgl. "The Man from U.N.C.L.E.", Kinospießfilm, Kamera John Mathieson BSC



Im Bild zu sehen ist ein LensGrid, abgefilmt mit einer ARRI Alexa Mini im OpenGate-Modus mit einem von Mike Linde und Tilo Kux umgebauten Cooke-Anamorphoten am Set von "PIT" 2018. Das Schachbrettmuster ist auf eine flache Ebene aufgespannt und die Kamera zeigt genau orthogonal darauf: So lässt sich die Tonnenverzerrung des Objektivs sichtbar machen und später mathematisch aus dem Bild entfernen oder in CGI hinzufügen.

Da die Tonnenverzerrung ein Fehler ist, der erst auf dem Aufnahmemedium sichtbar wird, ist er zweidimensional und vollständig in der Nachbearbeitung des Bildes reproduzierbar. Er kann durch eine entgegengesetzte Verzerrung ausgeglichen oder erst durch eine simulierte Verzerrung erreicht werden. Mehr dazu im Abschnitt "Post-Production: VFX".

5.2.6 Post-Production: VFX

Visuelle Effekte waren immer Teil der Filmgeschichte. Berühmte Beispiele der Anfänge sind "The Execution of Mary, Queen of Scots" (1895) von Alfred Clark oder der größere Ansatz Fritz Langs und Karl Freund's in "Metropolis" (1927). Ein großer Teil der Magie ist es, Teile des Bildes durch ein anderes Bild zu ersetzen, ohne dass das Publikum dies bemerkt. Um verschiedene Elemente aus unterschiedlichsten Quellen miteinander zu verschmelzen, ist es nötig, alle optischen Verzerrungen in allen Elementen anzugleichen. Ein CGI-Element, welches über ein real gefilmtes Bild gelegt werden soll, muss also genau so verzerrt werden wie das real gefilmte Element [im Folgenden: die Plate]. Je mehr Charakteristika die Optik aufweist, mit der die Plate gedreht wurde, desto stärker muss die CGI verzerrt werden: Chromatische Aberrationen müssen nachempfunden, Vignettierungen eingefügt, anamorphes Bokeh und Tonnenverzerrung simuliert werden.

Bei Tonnenverzerrung wird diese im ersten Schritt aus der Plate entfernt, um dann die CGI darüber zu legen und im letzten Schritt die Tonnenverzerrung wieder auf beide Elemente anzuwenden. Hierzu kann ein Distortion Grid mit der verwendeten Kamera- und Linsenkombination aufgenommen werden, das im Computer eingemessen wird [Beispiel PIT-Grid Alexa Mini + Cooke Anamorphic].

5.3 Motion Blur

Das menschliche visuelle System braucht eine gewisse Zeit, um die Photonen, die auf seine Retina treffen, wahrzunehmen. Bewegt sich ein wahrgenommener Gegenstand schnell, erscheint er daher unschar. Steht er still, bleibt er scharf.

Durch die Verschlusszeit einer Kamera wird dieses Verhalten simuliert. Wird ein Film mit 25 Einzelbildern pro Sekunde gezeigt, in dem jedes Bild gestochen scharf ist, so läuft er für das menschliche visuelle System nicht flüssig ab: Er ruckelt. Durch eine Verschlusszeit von circa der Hälfte der Bildfrequenz kann eine Bewegungsunschärfe (im Folgenden: "Motion Blur") im aufgenommenen Kamerabild erreicht werden, die sich der des menschlichen visuellen Systems annähert: Der Film läuft flüssiger.

Motion Blur ist also ein notwendiger visueller Effekt, der hilft, die Illusion von Bewegung aufrecht zu erhalten. Trotzdem kann er gestalterisch eingesetzt werden, ein prominentes Beispiel ist "Saving Private Ryan" von Kameramann Janusz Kamiński.

Die Bewegungsunschärfe variiert jedoch bauartbedingt von Kamera zu Kamera. Eine analoge Filmkamera öffnet ihre Bildebene in einer Kreisbewegung, während digitale CMOS-Sensoren eine Bildzeile nach der nächsten auslesen. Bis alle Photosites eines CMOS-Sensors aktiviert wurde, vergeht einige Zeit, was in Form von Rolling Shutter sichtbar wird. Moderne Kameras haben den Effekt soweit minimiert, dass er kaum sichtbar ist, so wie die Kreisbewegung des Verschlusses in einer analogen Filmkamera.

Zudem brauchen die Photosites in CMOS-Sensoren eine gewisse Zeit, um mit Strom versorgt zu werden und das gesammelte Signal nach der Belichtung wieder abzugeben. Diese Zeit ist in einem Graphen als zeitbasierte Kurve darstellbar. Wird ein Photosite langsam aktiviert und deaktiviert, ist der Beginn der Bewegung im Bild semitransparent, die Mitte dann opak und zum Ende hin wird die Bewegung wieder semitransparent: Es entsteht eine weiche Bewegungsunschärfe. Diese Kurve der Bewegungsunschärfe kann jeder Kamerahersteller modulieren und an einen gewissen Look anpassen. Für einige Kamerasysteme gibt es Module, um diese Kurve zu verändern, wie den RED Motion Mount.

In der Regel lassen sich die geschilderten Aspekte der Bewegungsunschärfe eines Bildes jedoch nicht am Set beeinflussen und dies kann in die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes System mit einfließen. Die Verschlusszeit selbst lässt sich an allen Kameras beliebig einstellen und ist daher kein Faktor bei der Wahl einer Kamera.

Im Falle des Films "Behindert sagt man nicht" bietet die Sony Venice einen kaum wahrnehmbaren Rolling Shutter und eine angenehm langsame und gleichmäßige Aktivierungskurve, die der von analogen Filmkameras ähnlich ist. Die Sony F55 hingegen bietet einen Global Shutter und eine ebenfalls gleichmäßige Aktivierungskurve. Problematisch wird es beispielsweise bei der Sony Fs7, welche einen merklichen Rolling Shutter und eine ungleichmäßige Aktivierungskurve besitzt: Schnell entstehen Bildartefakte in der Bewegungsunschärfe, die nicht Teil der aufgenommenen Szene sein sollten.

5.4 Zeitlupe

Ob eine Kamera geeignet ist, Zeitlupen aufzunehmen, ist durch die Software-Hardware-Kombination vorgegeben. Mit geschickter Programmierung können Entwickler mehr aus bestehenden Systemen herauskitzeln: Per Softwareupdate gelingt es beispielsweise, mit der Sony VENICE 120fps in 4K aufzunehmen, statt wie von Sony erst geplanten 60fps³¹. Wie auch immer die SlowMotion zustande kommt: Sie bleibt ein äußerst auffälliges Stilmittel. Während Zeitlupensequenzen haben Zuschauer die Möglichkeit, sich alle Details genau anzusehen und in der Bilderwelt zu schwelgen. Bildartefakte und Ungereimtheiten fallen hier stärker auf als im 25fps-Modus.

Für "Behindert sagt man nicht" wurde für die Zeitlupensequenz auf eine RED Epic-W Helium 8K gewechselt, wobei die Linsen beibehalten wurden. Die A-Kamera, Sony F55, hätte die angestrebten 120fps ebenfalls bieten können, war aber zu schwer und zu groß für das Ronin One-Gimbal. Mit der RED Epic-W Helium 8K konnten 120fps in 5K und REDCode RAW 5:1 in 12bit aufgezeichnet werden, was genügend Messdaten ergibt, um das RED-Bild an die Sony-Bilder anzupassen. (Anmerkung: Das Softwareupdate 4.0 für die Sony VENICE, welches 120fps in 4K nachrüstet, war erst ein halbes Jahr nach dem Drehzeitraum verfügbar)

³¹ Sony Pressemitteilung, https://pro.sony/en_ZM/press/venice-high-frame-rate-4k-120fps-mea

6. Fazit

Nach der Erfahrung von "Behindert sagt man nicht" lässt sich feststellen, dass die Bilder der Sony VENICE im 4K-Modus verglichen mit der Sony F55 weniger voneinander unterscheidbar sind als die der Sony F55 verglichen mit der Sony FS7. Trotz verschiedener Display-Preparation-Techniken weisen die Bilder größere Unterschiede auf. Die Unterschiede fallen im Filmschnitt stärker auf, als angenommen. Das liegt an einer Kombination an Faktoren, die die Bildqualität beeinflussen: Chroma-Subsampling, das komprimierte XAVC-Format und Artefakte im Motion Blur sorgen dafür, dass mit der Kamera eher keine große Establisher-Totale gedreht werden konnte. Schlussfolgernd wäre die bessere Entscheidung eine Sony VENICE als A-Kamera mit einer Sony F55 als B-Kamera gewesen, was die Verfügbarkeit der Sony VENICE jedoch unmöglich machte.

Allgemein lässt sich formulieren, dass es eine sinnvolle Entscheidung war, mehrere verschiedene Kamera- und Linsensysteme für "Behindert sagt man nicht" einzusetzen. Im Falle der Sony VENICE handelte es sich um eine kreative Entscheidung. Sie wurde für eine wichtige Showdown-Szene eingesetzt, die das FullFrame-Format ausnutzen sollte, das der Szene ein stärkeres Bokeh verleiht. Dazu wurde die Kamera mit den Tokina Vista Primes kombiniert, die kontrastreichere Bilder einfangen als die Standardlinsen des Projekts, die Angenieux Optimo Style-Zooms. Dies passte zur Bildgestaltung der Szene. Andere Entscheidungen hatten mit der Größe und dem Gewicht der Kamera zu tun und waren somit technischer und praktischer Natur. Eine Sony A7s ist klein und leicht, während sie ein ansehnliches Bild produziert. Auch die RED Epic-W Helium 8K wurde hauptsächlich wegen ihrer Größe gewählt, musste aber darüber hinaus die wichtige letzte Szene des Films, eine Zeitlupensequenz, in brilliantester Qualität aufzeichnen - hier wäre das Leistungslimit einer Sony A7s überschritten. Die Zoomlinsen erfüllten ihren Zweck der Zeitersparnis, während für vereinzelt Einstellungen und eine gesamte Szene auf performantere Festbrennweiten zurückgegriffen werden konnte.

Die Neuentwicklungen im Segment der Kamera- und Linsensysteme haben eine enorme Zahl an Möglichkeiten eröffnet, aus denen Kamerapersonen nun frei wählen können. Jedes System hat Vor- und Nachteile in den unterschiedlichsten Bereichen. Ob es die Lichtstärke, das Gewicht, das Rauschverhalten oder die Auflösung sind: Es findet sich für jede Aufnahmesituation das richtige Werkzeug. Die wachsende Zahl der verfügbaren Werkzeuge bietet nun eine wachsende Zahl an Lösungen für herausfordernde Filmprojekte. So kommt es, dass es sinnvoll ist, mehrere verschiedene Kamera- und Linsensysteme gleichzeitig in ein und demselben Projekt zu nutzen und die Kameraperson trotzdem keine Sorge um die visuelle Kohärenz ihres Films haben muss. Auch müssen Kamerapersonen verstehen, dass sie nur einen Teil einer großen Filmproduktion darstellen, in die viele weitere kreative Arbeitsschritte einfließen. Manchmal muss eben auch das Kamera-Equipment zum Wohl eines anderen Departments gewechselt werden, um beispielsweise dem Visual-Effects-Department durch neutralere Linsen oder hochauflösendere Kameras zu helfen, eine perfekte Illusion schaffen zu können.

Auch in Zukunft werden neue Entwicklungen die filmischen Bildwelten beeinflussen, während gängige Techniken wie der analoge Film weiterhin einsatzbereit bleiben. Weiterentwicklungen sind vor allem bei kleinen Smartphone-Sensoren zu erwarten, weshalb wie bisher Sensoren günstiger und Aufnahmen genauer und sauberer werden.

Auf Seiten der Kamerapersonen bedeutet dies, dass sie zukünftig eine gesunde Neugier beibehalten sollten, um den aktuellen Stand der Technik zur Aufnahme ihrer Vision nutzen zu können.

7. Quellen

Alle Internetquellen wurde am 06.07.2019, 17 Uhr abgerufen und inhaltlich geprüft.

Diskussion zur grenzwertigen Ausreizung der hochfrequent bewegten Handkamera, Reddit, (https://www.reddit.com/r/flicks/comments/9q1a8x/the_cinematography_in_first_man/)

Dual ISO & Dynamic Range, Filmmaker IQ, (https://www.youtube.com/watch?time_continue=167&v=g8hHFt3ChZ8)

Standards der DCI, (https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Cinema_Initiatives)

Standards der CTA, (https://de.wikipedia.org/wiki/Ultra_HD)

Steve Yedlin: Resolution Demo (2 Videos), (<http://yedlin.net/ResDemo/index.html>)

Definition "Photosites", (<https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm>)

Persönliches Gespräch, Leiter der Kameraabteilung ARRI, IBC 2017

Kodak Vision3 200T Color Negative Film 5213/7213 Datenblatt, PDF

Dolby Vision Whitepaper, (<https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-vision/ictcp-white-paper.pdf>)

SMPTE GV-Expo Paper 2018, (<https://www.smpte.org/sites/default/files/section-files/GVExpo2018%20SMPTE%2003%20-%20High%20Dynamic%20Range%20-%20Humphrey.pdf>)

Standardpapier Rep. ITU-R BT-2390-0

Roberto Schaefer ASC AIC Webinar zu Formatentscheidungen, (https://www.kodak.com/uploadedfiles/motion/Kodak/motion/Education/Webinars/Roberto_Schaefer_Format_Choices_Webinar.pdf)

Interaktiver Formatvergleich, (<http://phfx.com/tools/formatCompare/>)

Public-Domain-Bilder von Wikipedia-Nutzer Glennchan, (<https://en.wikipedia.org/wiki/User:Glennchan>)

XAVC-Dokumentation, Wikipedia, (<https://en.wikipedia.org/wiki/XAVC>)

The Changing Shape of Cinema: The History of Aspect Ratio, (<https://www.youtube.com/watch?v=3CgrMsjGk7k>)

Veränderte Grafik von Wikipedia-Nutzer Magapixie, <https://en.wikipedia.org/wiki/User:Magapixie>, Lizenz CC-BY-SA 3.0

“Aspect Ratios in Art”, WolframAlpha,
(<https://blog.wolfram.com/2015/11/18/aspect-ratios-in-art-what-is-better-than-being-golden-being-plastic-rooted-or-just-rational-investigating-aspect-ratios-of-old-vs-modern-paintings/>)

Univisium, 2:1-Format von Vittorio Storaro, angelehnt an Davinci,
(<https://en.wikipedia.org/wiki/Univisium>)

“A Clear Look at the Issue of Resolution”, David E. Williams, American Cinematographer Magazine,
basierend auf der Testreihe von Steve Yedlin ASC und Jaron Presant ASC,
(<https://ascmag.com/articles/a-clear-look-at-the-issue-of-resolution>)

Reddit-Diskussion zum Thema Seitenverhältnisse in “Transformers: The Last Knight”,
(https://www.reddit.com/r/editors/comments/7wjs79/til_transformers_the_last_knight_has_aspect_ratio/)

“Chromatic Aberration: Hard Edges, Hue Shifts and Storytelling” von Art Adams, Cinema Lens
Specialist bei ARRI,
(<https://www.provideocoalition.com/chromatic-aberration-hard-edges-hue-shifts-and-storytelling/>)

“Mommy”, Kinospiefilm, Blu-Ray

“The Man from U.N.C.L.E.”, Kinospiefilm, Blu-Ray

“Kodak Color Films” S.31, PDF,
(https://www.kodak.com/uploadedfiles/motion/US_plugins_acrobat_en_motion_education_kodak_color_films.pdf)

“On Color Science”, Steve Yedlin, (<http://yedlin.net/OnColorScience/index.html>)

Definition Zerstreungs-/Unschärfekreis, Wikipedia, (<https://de.wikipedia.org/wiki/Zerstreungskreis>)

Sensorformate, (www.sony.com); (<https://www.red.com/dsmc2>);
(<https://www.dji.com/de/phantom-4-pro/info>); (www.vfxcamdb.com)

Sony Pressemitteilung zur VENICE-Firmware,
(https://pro.sony/en_ZM/press/venice-high-frame-rate-4k-120fps-mea)