

Der Wandel zum digitalen Kino

Diplomarbeit von
Christian Haake
Stuwerstr. 19/32
A - 1020 Wien
Matr.-Nr 0071353

Februar 2007, eingereicht
bei Prof. Christian Berger

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-------|
| 1. Ziele dieser Arbeit | 3-4 |
| 2. Begrifflichkeiten | 5 |
| 2.1 HD-Standards | 5-6 |
| 2.2 Film | 6 |
| 2.3 D-Cinema & E-Cinema | 7-8 |
| 3. Bildqualität und Ästhetik | 9 |
| 3.1 Einleitung | 9 |
| 3.2 Technischer Vergleich | 10-11 |
| 3.2.1 Korn und Pixel | 11-12 |
| 3.2.2 Auflösung und Schärfe | 12-15 |
| 3.2.3 Lichtempfindlichkeit | 15 |
| 3.2.4 Kontrastwiedergabe | 15-17 |
| 3.2.5 Farbwiedergabe | 17-18 |
| 3.2.6 Schärfentiefe – Tiefenschärfe | 18 |
| 3.2.7 Bewegung | 18-19 |
| 3.2.8 Zeitlupe und Zeitraffer | 19 |
| 3.2.9 Bildstand | 19 |
| 3.2.10 Kratzer und Schrammen | 19-20 |
| 3.2.11 Skalierbarkeit | 20 |
| 3.3 technische & ästhetische Unterschiede-Zusammenfassung | 20-21 |
| 3.4 Über die Arbeit mit High Definition | 21 |
| 3.4.1 Die Gruppe der unabhängigen Filmemacher | 21-22 |
| 3.4.2 Die Gruppe der TV-Kameraleute | 23 |
| 3.4.3 Die Gruppe der Rollfilmkameraleute | 23-25 |

| | |
|--|-------|
| 3.5 Anforderungen & Angebot des Marktes an High Definition Kameras | 26-27 |
| 3.6 Resümee | 27-28 |
| 4. Das Kino von Heute und Morgen | 29 |
| 4.1 Digitale Projektion | 29 |
| 4.1.1 DLP-Projektoren | 29-31 |
| 4.1.2 D-ILA- und SXRD-Projektoren | 31-32 |
| 4.2 Sehgewohnheiten versus „perfektes Bild“ | 32-33 |
| 4.3 Konzept des digitalen Kinos | 33-34 |
| 4.4 Wer ist digitales Kino? | 35 |
| 4.4.1 Filmhersteller | 35 |
| 4.4.2 Filmverleiher / Werbefirmen | 35 |
| 4.4.3 Gerätehersteller | 35-36 |
| 4.4.4 Telekommunikationsbranche / Filmspediteure | 36 |
| 4.4.5 Kinobetreiber | 36-38 |
| 5. Schlusswort - Digitale Revolution? | 39-40 |
| 6. Quellenangaben | 41-43 |

1. Ziele dieser Arbeit

Wir befinden uns mitten im Zeitalter des digitalen Wandels. Die Veränderungen sind immens; gezahlt wird per Bankomat oder direkt im Netz, Ferngesehen, handyphoniert oder videophoniert wird binär codiert. Texte, Bilder, Landkarten, Filme, Videos und Musik warten im täglich um tausende Terrabyte wachsenden Internet auf Abruf und Millionen Produkte gehen tagtäglich über die virtuelle Ladentheke. Breitbandleitungen sorgen dafür, dass das auch schnell genug geht. Selbstverständlich sitze ich derzeit vor dem Rechner, die elektrische Schreibmaschine liegt gut geschützt unter einer Plastikhaube auf dem Dachboden meines Vaters.

Ich befasse mich mit dem Thema „digitales Kino“, weil ich die Phase der Veränderung hautnah miterlebe, aus der Sicht eines Independent-Filmers, der in den ersten Jahren seiner Arbeit mit den analogen Amateursystemen Video8- und Hi8 gearbeitet hat und die traditionellen Möglichkeiten des linearen Video- und klassischen Filmschnitts noch kennen lernen konnte. Durch neue Techniken wurden mir persönlich immer mehr Türen geöffnet. Natürlich habe ich die jahrelangen Diskussionen rund um das Feld der Digitalisierung verfolgt und nun rückt die digitale Kinokette langsam aber sicher in greifbare Nähe.

Die Veränderungen, die im Film und Medienbereich aus der Digitalisierung resultieren, sind nur ein kleiner Teil dieses gigantischen Umbruchs. Nie haben sich in der Filmgeschichte Arbeitsprozesse so sehr verändert, wie im letzten Jahrzehnt, weder die Umstellungen von Stummfilm zu Tonfilm noch von Schwarzweiß- zu Farbfilm hatten so große technische Umrüstungen zur Folge. Die beiden Teile, mit denen sich diese Arbeit befasst, betreffen zunächst Kameraleute, die szenisch arbeiten. Wie verändert sich die Arbeitsweise der Kameraleute, welche Vor- und welche Nachteile resultieren für sie aus der neuen Technik? Im zweiten Teil skizziert die Arbeit den Weg der digitalen Kinokette, zeigt existente Probleme und nennt Lösungsansätze, um schließlich einer Antwort auf die Frage der Umsetzbarkeit näher zu kommen.

Ein Thema wird sich mit der von vielen prognostizierten Demokratisierung der Spielfilmwelt beschäftigen. Werden für Newcomer in naher Zukunft bezahlbare Produktionsmittel mit ausreichender Qualität für das Kino erhältlich sein und werden die daraus resultierenden Filme den Weg ins Kino finden?

Primär möchte ich mich mit dem Wandel der Spielfilmproduktion von der herkömmlichen analogen Aufnahme und Distribution hin zum komplett digital aufgenommenen, postproduzierten und projizierten Film befassen. Während sich bereits in den letzten Jahren die nonlineare Montage und der gesamte Bereich von der Tonaufnahme über Sounddesign und Mischung bis hin zum Mastering mit digitalen Verfahren durchgesetzt haben, sind derzeit der Bildaufnahmebereich und die Projektion die beiden Nadelöhre. Dennoch steht auch hier digitale Wende bevor und außer Frage. Nach und nach wird der Film als Aufnahmemedium durch neue Techniken abgelöst werden. Ob man das als digitale Revolution oder eher als ein „lahmes Humpeln in eine digitale Welt“ bezeichnen kann, wird diese Arbeit erläutern. „Warum sollte man das alte Medium eigentlich ersetzen?“ „Wem nutzt das?“ und „Welche Auswirkungen hat das auf die einzelnen Marktteilnehmer und letztlich den Zuschauer?“ sind weitere Fragen, mit denen sich dieses Papier beschäftigt.

Die vorliegende Arbeit ist eine aktuelle Bestandsaufnahme. Technische Details, die beispielsweise für einen Vergleich zwischen Film und High Definition notwendig sind,

werden in wenigen Jahren längst überholt sein. Allerdings werden heute die Entscheidungen über Auflösungen, Kompressionsverfahren, Verschlüsselungen, Interfaces in den Kinos etc. gefällt, die die Zukunft des Kinos nachhaltig beeinflussen werden. Darüber und über die entscheidenden Gremien möchte ich einen kurzen Überblick geben.

2. Begrifflichkeiten

Um diese Arbeit in klare Worte zu fassen und möglichen Fehlinterpretationen vorzubeugen, möchte ich im folgenden Kapitel einige Definitionen voransetzen und teilweise mit der filmgeschichtlichen Entwicklung in Verbindung stellen.

2.1 HD-Standards

Hinter dem Begriff „High Definition“ verbirgt sich eine große Zahl verschiedener Formate, die sich in ihrer Auflösung, Datenrate, Voll- und Halbbildverfahren, Codec etc. beträchtlich unterscheiden. Die Gemeinsamkeit liegt im Prinzip nur in der höheren Auflösung gegenüber SD-Formaten wie PAL, SECAM oder NTSC.

An der Standardisierung und der Entwicklung der technischen Stufen des digitalen Kinos arbeiten weltweit verschiedene Gruppierungen, die für sich beanspruchen, jeweils die geeignetsten zu sein.

Die „International Telecommunications Union“ (ITU) hatte in der Vergangenheit die Standards für das hochauflösende Fernsehen (HDTV) gesetzt. Aus Sicht der hier hauptsächlich vertretenden Rundfunkvertreter war es eine logische Überlegung, den HDTV-Standard als Basis für die Darstellung auf der Kinoleinwand zu nutzen. Dies lehnte die Kinoindustrie allerdings strikt ab, da man sich nicht auf die festgelegten Standards limitieren lassen wollte und weitaus höhere Auflösungen anstrebte.

In den letzten Jahren hat die US-amerikanische „Society of Motion Picture and Television Engineers“ (SMPTE) für den Bereich Digitales Kino die Führungsrolle übernommen. Sie setzt sich aus Vertretern der großen Hollywoodstudios, allen wesentlichen Herstellern sowie den Rundfunkvertretern zusammen. Nach langwierigen Diskussionen konnten für den HDTV-Standard die Richtlinien 274M und 296M wie folgt definiert werden:

| Bezeichnung des Standards | Auflösung und Seitenverhältnis (horizontal x vertikal) | Bilder/Sekunde |
|---------------------------|--|----------------------------|
| HD-Video nach SMPTE 296M | | |
| 720/24p | 1280x720, 16:9 | 24 Vollbilder (progressiv) |
| 720/25p | 1280x720, 16:9 | 25 Vollbilder (progressiv) |
| 720/50p | 1280x720, 16:9 | 50 Vollbilder (progressiv) |
| 720/60p | 1280x720, 16:9 | 60 Vollbilder (progressiv) |
| HD-Video nach SMPTE 274M | | |
| 1080/24p | 1920x1080, 16:9 | 24 Vollbilder (progressiv) |
| 1080/25p | 1920x1080, 16:9 | 25 Vollbilder (progressiv) |
| 1080/50i | 1920x1080, 16:9 | 50 Halbbilder |
| 1080/60i | 1920x1080, 16:9 | 60 Halbbilder |

Vergleich der HD-Standards nach SMPTE-Norm mit den gängigen SD Systemen (vgl. Erkelenz 2002, 127).

Primär für den Kinoeinsatz wurde das Format 1080/24P entwickelt, da es sich durch eine relativ hohe Auflösung von etwas über 2 Mio. Bildpunkten auszeichnet und wie auch der 35mm-Film mit 24 Vollbildern pro Sekunde arbeitet.

Innerhalb der SMPTE gründeten die sieben größten Hollywoodstudios, (Disney, 20th Century Fox, Paramount, Universal, Warner und die beiden zu Sony gehörenden Studios MGM und Sony Pictures Entertainment) im Jahr 2002 die Interessensgruppe „Digital Cinema Initiative“ (DCI), um für das Digitale Kino höherwertige Auflösungen festzulegen, denn für sie muss das Ziel ein sichtbarer Mehrwert auf der Leinwand sein. Basis für die Auflösung des Digitalen Kinobildes in Super-HD bietet ein „Common Container“ mit 4096 x 2160 Pixeln (das entspricht 8,4 Millionen Bildpunkten), mit einem Bildseitenverhältnis von 17:9. Ähnlich dem 35-mm-Kader mit einer bestimmten Grundfläche, bietet diese Bildgröße genügend qualitativen Spielraum, um verschiedene Bildseitenverhältnisse einpassen zu können. Der aus dieser Diskussion entstandene Vorschlag ist in folgender Tabelle zusammengefasst:

»Common Container«:

| <i>Pixel horizontal</i> | <i>Pixel vertikal</i> | <i>Container-Seitenverhältnis</i> | <i>Pixel-Seitenverhältnis</i> | <i>Pixelsumme (MegaPixel)</i> | <i>Bildfrequenz</i> |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 4096 | 2160 | 17:9 | 1:1 | 8,8 | 24 B/s |

Bildformate (Beispiele):

| <i>aktive Pixel horizontal</i> | <i>aktive Pixel vertikal</i> | <i>Bild-Seitenverhältnis</i> | <i>Pixel-Seitenverhältnis</i> | <i>Pixelsumme (MegaPixel)</i> | <i>Bildfrequenz</i> |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 2724 | 2048 | 1,33:1 | 1:1 | 5,6 | 24 B/s |
| 3400 | 2048 | 1,66:1 | 1:1 | 7,0 | 24 B/s |
| 3790 | 2048 | 1,85:1 | 1:1 | 7,8 | 24 B/s |
| 4096 | 2160 | 17:9 | 1:1 | 8,8 | 24 B/s |
| 4096 | 1714 | 2,39:1 | 1:1 | 7,0 | 24 B/s |

DCDM-1 Container (DCI, 2005)

Mit heutiger Technologie lässt sich die Anzahl von Bildpunkten nur schwer, in jedem Fall aber nur sehr teuer darstellen und es wird schnell klar, dass diese Normen auf die Zukunft ausgerichtet sind.

Da Vergleiche zwischen Celluloid und S-HD leider noch nicht auffindbar sind, dient in dieser Arbeit 1080/24P als Referenzformat stellvertretend für den Begriff HD. Dies ist zweckmäßig, da die derzeit produzierten Spielfilme zumeist in diesem Format realisiert werden und die ästhetischen Eigenheiten des digitalen Formats nicht primär abhängig von der erreichten Auflösung sind.

2.2 Film

Bei Gebrauch des Wortes „Film“ entstehen zuweilen Irritationen, da der Begriff als Beschreibung einer Mediengattung, als Einzelwerk und zur Bezeichnung des Aufzeichnungsmedium dient. Um klarer damit umzugehen, werde ich für 35mm-Film als Aufzeichnungsmedium im Folgenden den aus der Photographie stammenden Begriff „**Rollfilm**“ nutzen.

2.3 D-Cinema & E-Cinema

Geschichte

Der Begriff E-Cinema wurde im Bereich des Feature-Films schon recht früh formuliert. Seine Bedeutung befand sich bisher allerdings in stetem Wandel. Albert Abramson prognostizierte im Vorwort seines Buches „Electronic Motion Pictures“ das baldige Ende des Rollfilms bereits 1955, ein Jahr vor der Vorstellung des ersten Videorekorders.

Francis Ford Coppola prägte den Begriff des Electronic-Cinema 1979 beim Empfang seines Oscars für *Apocalypse Now*. Entgegen häufiger Annahmen war damit nicht die Aufzeichnung und Verarbeitung eines Spielfilmes mit elektronischen Medien gemeint, sondern vielmehr eine neue Art der Organisation von Spielfilmproduktionen um Kosten zu sparen und das Timing eines Filmes zu verbessern. Coppola wollte die damals modernste Technik nutzen, um einen Film nach einer Art Update-Verfahren Stück für Stück entstehen zu lassen und zu präzisieren. Hierzu wurde zunächst das Storyboard Zeichnung für Zeichnung abgefilmt, gereiht und mit Layoutmusik unterlegt, um ein ungefähres Gefühl von der Gesamtlänge des Filmes zu bekommen. Nach intensiven Proben mit den Darstellern wurden die einzelnen Einstellungen als Layout gedreht und ersetzt nach und nach die Storyboardbilder. Überflüssige Einstellungen wurden gestrichen, fehlende kostengünstig nachgedreht und eingesetzt. Die „heißen“ Dreharbeiten sollten nicht mehr das Herzstück der Filmherstellung sein, sondern die bloße Aufzeichnung einer zuvor genauestens geplanten Produktion. So sah Coppola seine Position nicht mehr am Set, sondern in der Regie, von der aus er alle Entscheidungen per Interkom oder Telefon dirigierte. Der so entstandene, von Coppola selbst produzierte Spielfilm *One from the Heart* wurde ein kompletter Misserfolg. Versprochene Kostenvorteile bewahrheiteten sich nicht (bei beinahe doppelt so hohen Ausgaben als kalkuliert) und die Quasi-Abwesenheit des Regisseurs sorgte oftmals für irritierte Darsteller. Da der Film nur einen Bruchteil seiner Kosten wieder einspielte, zahlte Coppola als angeheuerter Regisseur bis in die späten 90er seine Schulden ab.

In den späten 80er Jahren wurde der Begriff Electronic-Cinema zum Schlagwort für elektronisch aufgezeichnete fiktionale Stoffe, die sich bekanntlich nicht gegen den Rollfilm durchsetzen konnten, primär weil sich die Qualität mit der des Rollfilmes nicht messen ließ, aber auch, weil weder die Technologie zur Ausbelichtung, noch die der elektronischen Projektion ausgreift war.

aktuelle Bedeutung

Mit Einführung digitaler HD-Technik Ende der 90er Jahre wurde der Begriff des D-Cinema geprägt. „Es definiert sich über die Ablösung des analogen Mediums [Roll]film durch eine digitale Distribution und elektronische Projektion im Kino. Digitales Kino kann und muss aber [...] über einen reinen Ersatz von analoger durch digitale Technologien hinausgehen. Höhere Flexibilität in der Präsentation und ein gesteigertes Seh- und Hörerlebnis bilden Potenziale, die bislang so nicht möglich waren“ (Mike Christmann, Hans Peter Richter).

Der Begriff des E-Cinema wird fortan für die Präsentation von „alternativen Inhalten wie Popkonzerten und großen Sportveranstaltungen in Kinos und öffentlichen Gebäuden verwendet“ (Dietrich Westerkamp). Von der technischen Seite gesehen kommen für E-

Cinema Projektoren mit VGA-, SDTV-Auflösung oder HDTV-Geräte im 1080i-Standard zum Einsatz, während die Messlatte für D-Cinema bei weitem höher liegt.

3. Bildqualität und Ästhetik

3.1 Einleitung

Das Thema „High Definition Video“ kreist bereits seit Jahrzehnten um die Welt. Bereits in den 40er Jahren experimentierte die deutsche Wehrmacht zur Luftüberwachung mit hochauflösenden elektronischen Kameras mit 1024 Zeilen und 50 Halbbildern. Seit 1984 wird HD konsequent im japanischen Fernsehen als Standard genutzt, damals analog, heute ausschließlich digital. Mittlerweile zeichnet sich die langfristige Umstellung auf HDTV, zumindest außerhalb Europas, deutlich ab. So zählen neben Japan auch Australien, Südkorea, China und die USA sogar per Gesetz zu den Ländern, in denen mittelfristig HDTV als Broadcast-Standard verwendet werden wird. Damit wird der Tendenz zum Kauf der immer größer werdenden Fernsehbildschirme in normalen Haushalten Rechnung getragen, da selbst Durchschnittszuschauern die geringe Auflösung des SD-Bildes auffällt.

High Definition ist hauptsächlich ein Fernsehstandard, so sehen das prinzipiell auch die Gerätehersteller, die primär für diesen Markt Geräte entwickeln. Dafür gibt Sony drei Gründe an:

1. Der Bedarf an Camcordern ist in diesem Bereich wesentlich höher als in der Kinobranche.
2. HD kann seine wirtschaftlichen Vorteile vor allem dann ausspielen, wenn keine Auswertung in traditionellen Kinos, d. h. mit mechanischen Projektoren, erfolgt und
3. Viele der aktuellen HD-Systeme weisen qualitative Mängel gegenüber Rollfilm auf (soviel sei vorweggenommen), die jedoch bei einer reinen Fernseh- oder DVD-Auswertung vernachlässigbar sind.

Reinhard Maurer, Manager im Bereich Digital Cinematography von Sony erklärt zur HDCAM-Reihe: „Allein im deutschen Markt werden jährlich ca. 1200 Fernsehproduktionen auf Film (vornehmlich 16mm) hergestellt. Das ist generell unser Markt.“ Vermutlich ist aus diesem Grunde das Bemühen verschiedener Hersteller, den Anforderungen von Spielfilmkameraleuten an das Bild gerecht zu werden, gering bis nicht vorhanden.

In diesem Kapitel möchte ich klären, ob HD dennoch ein Medium ist, das grundsätzlich für den Kinofilm taugt. Unter Filmemachern und in der Fachpresse, wie zum Beispiel der in Deutschland herausgegebenen monatlichen Zeitschrift „Film- und TV-Kameramann“, existiert eine äußerst kontroverse Diskussion, ob das HD-Bild den ästhetischen Anforderungen des vom klassischen Filmbild geprägten Publikums genügen kann oder nicht. Ein in dieser Diskussion häufig außer Acht gelassener Aspekt sind die ästhetischen Konventionen und Rezeptionsmuster der Zuschauer. Unsere Auffassung davon, wie Filmbilder auszusehen haben, wird zu einem großen Teil durch das Filmmaterial selbst und damit auch gerade durch seine „Unzulänglichkeiten“ wie zum Beispiel dem Kornrauschen definiert. Die daraus resultierende „Ästhetik“ ist zunächst Begleiterscheinung der technischen Entwicklung, ist aber zugleich Werkzeug, dessen sich die Kameraleute in der Auswahl ihrer Filmmaterialien bedienen und die mehr oder weniger bewusst auf den Rezipienten wirken. Es bestehen also große Abhängigkeiten zwischen technischen Möglichkeiten, wirtschaftlichen Entwicklungen und daraus resultierenden Ästhetiken.

Um eine sinnvolle Diskussion beginnen zu können, ob High Definition bereits heute eine brauchbare Alternative zu Rollfilm bildet, ist es zunächst notwendig, Qualität, Charakteristika und Eigenheiten der beiden Techniken darzulegen. Was sind die signifikanten Unterschiede zwischen 35mm-Rollfilm- und HD-Bildern und welche ästhetischen Unverkennbarkeiten entstehen daraus?

Ebenso wichtig für eine solche Diskussion sind Fragen zum Handling und zu verschiedenen Arbeitsweisen mit beiden Formaten, denn was nützt eine Technik, die qualitativ zwar dasselbe Ergebnis liefert, wenn sie bei der Arbeit so sehr von der Gestaltung der Bilder oder auch dem Umgang mit den Schauspielern ablenkt, dass man sich als Bildermacher nicht auf das Wesentliche konzentrieren kann?

Um der Beantwortung dieser Fragen näher zu kommen, versuche ich zunächst mittels eines Vergleiches der beiden Medien die ästhetischen und technischen Unterschiede darzulegen.

3.2 Technischer Vergleich

Bei der Erörterung der visuellen Qualität der beiden Medien auf Papier ergeben sich grundsätzliche Darstellungsprobleme, denn um dem Anspruch auf Belegbarkeit Genüge zu tun, muss sich eine solche Auseinandersetzung auf technische Kriterien stützen. Dennoch ist der Eindruck eines projizierten Bildes auf den Betrachter äußerst subjektiv und abhängig von dem genutzten Projektionssystem. Derzeit ist bei Spielfilmen, die für Kinoauswertung produziert werden, eine Ausbelichtung auf ein 35mm-Rollfilmnegativ der gängige Weg, da derzeit nur wenige Kinos mit HD-tauglichen Videoprojektoren ausgestattet sind.

Je nach verwendetem Verfahren, ob

- Digital aufgenommen und digital projiziert,
- Digital aufgenommen, auf Film ausbelichtet und analog projiziert,
- Analog gefilmt und analog projiziert oder
- Analog gefilmt, abgetastet und digital projiziert,

ergeben sich unterschiedliche Bildeindrücke. Die Ergebnisse dieses Vergleichs beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf die vollendete Kinokette der jeweiligen Technologie, bei Rollfilm also über die analoge Aufnahme, korrigiertes Positiv und Projektion per 35mm-Rollfilmprojektor beziehungsweise digital gedreht, gespeichert, korrigiert und projiziert.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass sich die größte Veränderung für den Zuschauer erst durch die digitale Projektion bemerkbar macht, denn wenn ein digital aufgenommener und nachbearbeiteter Film auf Rollfilm ausbelichtet wird, übernimmt er großteils die Charakteristika des Celluloids.

Da es sich bei HD und Rollfilm um zwei grundverschiedene Technologien handelt, lässt sich die ästhetische Differenz schlecht auf einzelne, konkrete Unterschiede zurückführen, es handelt sich vielmehr um ein Zusammenspiel verschiedenster Faktoren. So ist, bevor ich auf einzelne Kriterien wie Schärfe oder Farbe eingehen kann, ein grundsätzlicher Unterschied

festzustellen, dessen Auswirkungen sich zwar schlecht beschreiben lassen, der jedoch Grundlage für jede weitere Besprechung ist; Der Unterschied zwischen Korn und Pixel.

3.2.1 Korn und Pixel

Die kleinste Einheit des Bildes, der einzelne Bildpunkt, ist bei Rollfilm das chemische Korn, bei HD das elektronische Pixel.

Der traditionelle Rollfilm besteht aus mehreren, aufeinander geschichteten Emulsionen. Jede dieser Schichten ist auf ein bestimmtes Farbspektrum (blau, grün und rot) sensibilisiert und besteht aus kleinen, gleichmäßig aufgetragenen, lichtempfindlichen Kristallen, die bei Lichteinfall (Belichtung) reagieren. Die Zusammensetzung, Größe und Verteilung dieser Kristalle (auch Körner genannt) bestimmen die photographischen Eigenschaften des Materials, je größer die einzelnen Körner sind, desto lichtempfindlicher ist der Rollfilm und desto deutlicher ist auf der Leinwand das Korn sichtbar. Da sich die Filmkristalle jedoch von Bild zu Bild an unterschiedlichen Stellen befinden, existiert beim klassischen Film kein festes Bildpunktraster, vielmehr „tanzt“ ein spezifischer Bildpunkt je nach Lage des Kristalls von Bild zu Bild.

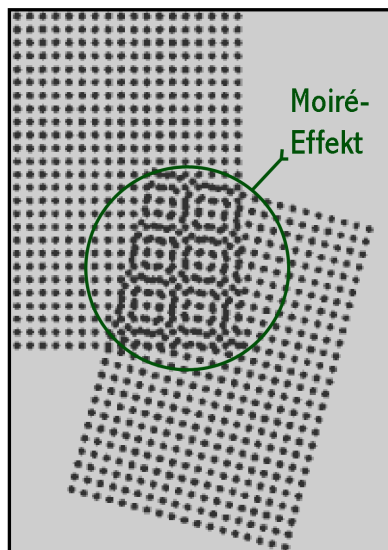
Im Gegensatz dazu nutzen Video-Kameras grundsätzlich CCD- oder CMOS-Chips mit starren Pixelrastern zur Bildaufzeichnung. Der Vollständigkeit halber möchte ich kurz auf beide Varianten eingehen.

Bei Dreichipkameras kommen derzeit CCD-Sensoren zum Einsatz. Das einfallende Licht wird mittels eines Prismas in seine drei Grundfarben rot, grün und blau zerlegt und gefiltert, um dann getrennt auf die einzelnen Sensoren übertragen und ausgewertet zu werden.

Viel versprechend ist die Entwicklung von CMOS-Sensoren, die mittels vorgeschaltetem Mosaikfilter mit nur einem Chip und ohne Prisma auskommen, da die Rezeptoren für rot, grün und blau direkt nebeneinander liegen. Folgende Vorteile sind bei dieser Bauart gegenüber CCDs vorhanden, die zugleich die grundlegenden Nachteile der älteren Technik implizieren:

- Es sind wesentlich kleinere Strukturen möglich als bei CCDs
- Bieten einen höheren Kontrastumfang
- Sind schneller auszulesen, damit werden Zeitlupenaufnahmen möglich
- Die Datenrate kann bei gleicher Qualität geringer sein
- Benötigen weniger Energie, erzeugen somit deutlich weniger Hitze, was den Einbau leiserer Lüfter in die Kameras ermöglicht
- Sind in deutlich größerer Bauform herzustellen und ermöglichen dadurch die Erzeugung von Bildern mit einer deutlich geringeren Schärfentiefe, die zum Beispiel der des 35mm-Rollfilmbildes entspricht
- Durch deutlich mehr Firmen produzierbar, also wettbewerbssteigernd. Folge: positive Preisentwicklungen bei schnellerer Weiterentwicklung

Wegweisende HD Kameras mit derlei Sensoren sind ARRI D-20 oder die bald erscheinende RED ONE, deren Bilder erstaunlich nah an die Ergebnisse von Celluloid herankommen.



Ob CCD oder CMOS, in beiden Fällen besteht das Bild aus einem fixen Raster von Pixeln. Struktur und Lage der einzelnen Bildpunkte zueinander sind fest definiert. Auch wenn es bei High Definition im Verhältnis zu Bildern von SD-Camcordern kaum wahrgenommen wird, wirkt das Bild leicht gerastert. Konkretes Problem aus dem Raster ergibt sich in seltenen Fällen, bei sehr feinen, gleichmäßigen Mustern. Es entsteht eine Art Flirren oder Pumpen in den verschiedenen Strukturen, Moiré-Effekt genannt, da sich zwischen den photoelektrisch aktiven Teilen der Pixel inaktive Zonen befinden, die zum Auslesen der Daten notwendig sind. Durch die Lücken zwischen den aktiven Pixeln ergeben sich Fehler, da einzelne Elemente der feinen Strukturen in den blinden Zonen natürlich nicht abgebildet werden können. In Wikipedia findet man dazu folgende Definition: „Moiré-

Muster treten auf, wenn periodische Strukturen mit Frequenzen abgetastet werden, die niedriger sind als die doppelte Frequenz der Strukturen“.

In der Projektion werden die dunklen Zonen übrigens mit auf die Leinwand projiziert und grenzen so die aktiven Teile des Bildpunktes durch dunkle Ränder vom nächsten ab. Man spricht hier von Pixel Visibility. Je kleiner diese Schwarzflächen zwischen den aktiven Pixelteilen werden einerseits und je mehr Pixel sich auf dem Bildsensor befinden andererseits, desto seltener treten diese Bildfehler auf und desto feiner wird das Bildraster.

Häufig wird der Unterschied zwischen Rollfilm und HD als ungleiche Wahrnehmung von Schärfe beschrieben. Das beschreibt den Unterschied aber nur unzureichend, da es sich nicht nur um ein konkretes Kriterium wie Schärfe handelt, sondern vielmehr um einen grundlegenden ästhetischen Unterschied. Vielleicht kann man die Wesensmerkmale mit einer harten, kühlen, sehr klaren Anmutung oder einer überrealen Bildwirkung schildern. Diese ergibt sich nicht zuletzt durch das geringe Grundrauschen der digitalen Kameras. Während das Filmkorn die Schärfe des Bildes gleichmäßig beeinflusst, wirkt das Bild in statischen Einstellungen durch das fehlende Korn ungewohnt scharf, sobald sich die Kamera bewegt, geht dieser Eindruck allerdings verloren.

Schlechte Lichtverhältnisse sorgen bei HD für einen filmähnlicheren Look, da die analogen Bauteile, wie der Bildsensor, bei dunklen Partien eines Bildes für ein höheres Grundrauschen sorgen, das dem Kornrauschen des Rollfilmes ähnelt. Die Charakteristik des Bildrauschens ist ähnlich, unterscheidet sich allerdings in dem Punkt, dass sich das Kornrauschen des Rollfilmes eher in den Mitteltönen abspielt, während das Pixelrauschen sich eher in den Dunkel- und Schwarztönen abzeichnet. Um einen filmischeren Look zu erzeugen, also dem Verhalten des Rollfilmes und damit dem gewohnten Sehverhalten des Zuschauers näher zu kommen, wird nicht selten im Nachhinein ein gewisses digital erzeugtes Kornrauschen aufgerechnet.

3.2.2 Auflösung und Schärfe

Detlev Möllering und Peter C. Slansky definieren im *Handbuch der professionellen Videoaufnahme* das Auflösungsvermögen folgendermaßen:

„Als Auflösungsvermögen bezeichnet man die Fähigkeit, zwei räumlich getrennte Punkte oder parallele Linien gerade noch getrennt erkennbar abzubilden oder wiederzugeben.“

Wird das Auflösungsvermögen bei Videokameras durch die Pixelanzahl auf dem Chip und die folgende Signalverarbeitung bestimmt, variiert es bei Rollfilm mit der Empfindlichkeit der Filmemulsion. Rein rechnerisch hat das Format 1080/24p etwas über zwei Millionen Bildpunkte Auflösung, im Gegensatz dazu entspricht nach Wikipedia der 35mm-Film einer realen Auflösung von 8,8 bis 135 Millionen Bildpunkten, abhängig von der Lichtempfindlichkeit der Emulsion. Derzeit werden bei teuren Produktionen in 4k maximal 8 Millionen Bildpunkte aufgezeichnet.

Meist wird die Frage nach der Auflösungsfähigkeit von HD bzw. Film als entscheidendes Kriterium für einen qualitativen Vergleich zwischen Film- und Videobild herangezogen. Das klingt einleuchtend, denn die Auflösung gibt an, wie viele unterschiedliche Informationen in Form von einzelnen Bildpunkten ein Bild enthält. Diese Werte beschreiben das Auflösungsvermögen allerdings nur unzureichend, denn aufgrund der physiologischen Eigenschaften des Auges ist der visuelle Eindruck von Schärfe und Detailtreue von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Als wesentliche Kriterien sind hier der Kontrast und die Kontrastübertragung auf dem Weg durch das Objektiv zum Bildabnehmer zu nennen. „Objektive mit hohem Auflösungsvermögen aber geringer Kontrastübertragung übertragen ein wesentlich schlechteres Bild, als solche mit hoher Kontrastübertragung aber geringer Auflösungsleistung“ (Gisbert Hochgürtel in *Das digitale Kino*, 2004). Neben dem Kontrast muß zudem die Lichtempfindlichkeit des Aufnahmemediums berücksichtigt werden, da bei Rollfilm mit höherer Empfindlichkeit die Auflösung geringer ist.

Üblicherweise wird das Auflösungsvermögen in MTF-Kurven angegeben, die sowohl die Empfindlichkeit (in ASA) als auch das Kontrastverhalten (in Linienpaaren/mm) angeben.

Vergleicht man auf dieser Basis das Auflösungsvermögen von 1080/24p-Camcordern mit typischen 35mm-Rollfilmen, so ergeben sich treu nach dem Motto „Traue keiner Statistik, die Du nicht selber gefälscht hast“, je nach Quelle völlig unterschiedliche Ergebnisse.

Gisbert Hochgürtel, dessen Ergebnisse in verschiedenen Fachzeitschriften aufgegriffen werden, errechnet bei entsprechender Lichtempfindlichkeit durchaus ähnliche Werte, so dass im Ergebnis die Auflösungsfähigkeit von HD durchaus mit der von typischen Filmmaterialien vergleichbar wäre:

| Aufnahmemedium | Lichtempfindlichkeit | 100% Kontrast-Wiedergabe (Grünbereich) ¹⁸ | 50% Kontrast-Wiedergabe (Grünbereich) |
|----------------------------|----------------------|--|---|
| Eastman EXR 50D | 50 ASA | ca. 40 Lp/mm | ca. 90 Lp/mm |
| Kodak Vision 200T | 200 ASA | ca. 30 Lp/mm | ca. 70 Lp/mm |
| Kodak Vision 250D | 250 ASA | ca. 25 Lp/mm | ca. 70 Lp/mm |
| Kodak Vision 800T | 800 ASA | ca. 10 Lp/mm | ca. 50 Lp/mm |
| HDCAM (HDW-F900, 1080/24p) | 250 ASA | ca. 30 Lp/mm | ca. 74 Lp/mm bei 40% Kontrastwiedergabe |

Vergleich des maximalen Auflösungsvermögens von Rollfilm und 1080/24p-Video nach Hochgürtel (2002b, 106, 134).

Man sollte jedoch darauf hinweisen, dass der Autor dieses Vergleichs Produktmanager im Bereich HDCAM von Sony ist und er in seinem Test nur die Grünkanäle angibt. Die Hellempfindlichkeit des Auges ist im Grünbereich am stärksten ausgeprägt. Das Auflösungsvermögen bei HD in den anderen Kanälen ist deutlich schlechter.

Morton, DuMont und Maurer, allesamt Mitarbeiter der „Eastman Kodak Research“ Abteilung, kommen im Gegensatz dazu in einer Publikation der SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) zu dem Ergebnis, dass die Auflösungsfähigkeit von 1080/24p nur etwas mehr als die Hälfte von entsprechenden Rollfilmtypen entspricht:

| <i>Aufnahmemedium</i> | <i>maximale Auflösung in Linien/Bildhöhe</i> | <i>50% Kontrast- wiedergabe in Linien/Bildhöhe</i> |
|---|--|--|
| <i>Kodak Vision 500T unverstärkt</i> | <i>1520</i> | <i>ca. 575</i> |
| <i>HD1080 (keine nähere Angabe) unverstärkt</i> | <i>770</i> | <i>ca. 525</i> |
| <i>Kodak Vision 500T verstärkt</i> | <i>1800</i> | <i>ca. 1325</i> |
| <i>HD1080 (keine nähere Angabe) verstärkt</i> | <i>764</i> | <i>ca. 675</i> |

Vergleich des maximalen Auflösungsvermögens von Rollfilm und 1080/24p-Video nach Morton/DuMont/Maurer (2003, 91). Die Angaben >verstärkt< bzw. >unverstärkt< beziehen sich auf »with Sharpening« bzw. »no Sharpening«.

Unabhängig von einer Bewertung dieser Vergleiche ist es notwendig, über den Aufnahmebereich auch die Postproduktionskette zu berücksichtigen. Während bei digitalem Video der Verlust in der Nachbearbeitung gen Null tendiert, ist der Verlust im analogen Bereich primär durch Bildstandfehler, die sich bei jedem Kopiervorgang multiplizieren, erheblich.

Zur Frage, wie viel Schärfe letztlich in der 35mm-Produktionskette beim Zuschauer ankommt, führte die International Telecommunication Union (ITU) eine ausführliche Studie durch. Nach densitometrischen Messungen hätte das Ergebnis deutlich besser ausfallen müssen, doch da die mechanische Projektionstechnik offenbar nicht in der Lage ist, die mögliche Auflösung darzustellen, lag der Schnitt in üblichen Kinos mit guter Qualität selten bei mehr als 800 Zeilen im schärfsten Bereich. Zugrunde lag den Messungen eine Kinokopie vierter Generation (Originalnegativ – Interpositiv – Internegativ – Kinopositiv).

Vergleicht man diese Ergebnisse mit der theoretischen Auflösung von 1080 Zeilen im 1080/24p-Format, ergibt sich sogar ein leichter Vorteil zugunsten der HD-Technik. Leider habe ich keinen vergleichbaren Test im Bereich HD gefunden, festzuhalten ist jedoch, dass auch bei der 1000sten Vorführung eines Spielfilmes per Videoprojektor das Ergebnis noch immer genauso gut ist, wie bei der ersten Aufführung. Das ist wohl einer der wesentlichen Vorteile für den Kinozuschauer.

Letztlich lässt sich aus den verschiedenen, teils spitzfindigen, Betrachtungen der verschiedenen Parteien jedoch nur der Schluss ableiten, dass die Unterschiede hinsichtlich der Auflösung so gering sind, dass man sie – zumindest mit bloßem Auge – kaum sieht. Das deutet daraufhin, dass die Unterschiede zwischen HD und Rollfilm, die man durchaus wahrnimmt, weit weniger mit dem Auflösungsvermögen zu tun haben, als gemeinhin angenommen wird.

Die Schweizer Medienjournalistin Barbara Flückiger schreibt dazu:

„Der Effekt ist merkwürdig; klare Gesetzmäßigkeiten lassen sich nicht ausmachen. Teilweise werden im digitalen Aufnahmeprozess winzige Details sichtbar, die man niemals auf Film sehen würde, zum Beispiel Puder auf dem Gesicht von Schauspielern. [...] Dann wieder hat der Apparat Mühe, filigrane Strukturen wie Grashalme oder Weizenfelder plastisch in ihrer eigenästhetischen Charakteristik wiederzugeben. Plötzlich wird eine elektronische, jedenfalls künstlich anmutende Verschiebung des Bildeindrucks wirksam, die sich aus der Modulations-Transfer-Funktion allein nicht erklären lässt.“

Teilweise lässt sich die Beobachtung auf das nicht vorhandene Kornrauschen zurückführen, da dieses gerade bei sehr feinen Strukturen eine organische Unschärfe erzeugt, die HD fehlt. Auch Faktoren, wie die meist größere Schärfentiefe und die unterschiedliche Farbübertragung wirken sich auf das visuelle Schärfeempfinden aus.

3.2.3 Lichtempfindlichkeit

Vergleicht man die Lichtempfindlichkeit von aktuellen 3-CCD-HD-Camcordern mit der von Rollfilm, so sind die Werte mit denen von mittelempfindlichen Materialien gleichzusetzen und liegen im Bereich zwischen 250 und 320 ASA. Im Gegensatz zur Flexibilität von Rollfilmkameras, bei denen die Empfindlichkeit durch die Wahl lichtempfindlicherer Optiken und Filmmaterialien gesteigert werden kann, ist die Steigerung der generellen Empfindlichkeit einer digitalen Kamera nur durch Zuschaltung des elektronischen Restlichtverstärkers bei erhöhtem Bildrauschen möglich. Weiteres Problem liegt bei 3-Chip Camcordern im Teilerprisma, das bauartbedingt nur Blendenöffnungen bis maximal 1:1,5 erlaubt, da ansonsten Farbverschiebungen an den einzelnen Aufnahmesensoren auftreten. Indes gestatten Rollfilmkameras Objektive mit maximalen Blendenöffnungen von 1:1,2, theoretisch sogar bis 1:0,7. Bei HD-Kameras ohne Teilerprisma erübrigt sich dieses Problem allerdings, insbesondere dann, wenn gängige 35mm-Objektive genutzt werden können.

3.2.4 Kontrastwiedergabe

Ein moderner Negativfilm kann sehr hohe Kontraste aufzeichnen. Derzeit wird der Kontrast mit 1:10.000 angegeben, zwischen schwarz und weiß liegen also etwa 10.000 Grautöne, das entspricht 12 Blenden.

CCD-Sensoren leisten gerade einmal einen ungefähren Umfang von 1:1000, dem entsprechend etwa neun Blenden, einem neueren HD-Rollfilm-Vergleich von Thomas Bresinsky zufolge, bringt die dritte Version der Sony HDW-F 900 es schon auf einen Umfang von 10,5 Blenden.

Praktisch als Fußnote sei erwähnt, dass der angegebene Kontrastumfang von Rollfilm allerdings nur für die Aufnahme gilt: Eine Kinokopie hat bedingt durch Kopierprozesse nur noch einen Kontrastumfang von maximal 1:1000; das entspricht 8 Blendenstufen. Moderne Videoprojektoren sind mittlerweile in der Lage, einen Kontrast von 1:1800 darzustellen.

Um in der Nachbearbeitung allerdings genügend Spielraum zur Verfügung zu haben, ist eine möglichst große Spanne zwischen schwarz und weiß notwendig. Da diese Anforderung

momentan bei High Definition nicht erfüllt wird, muss sich der Kameramann schon vor der Aufnahme wesentlich genauer für einen bestimmten Bereich des Dynamikumfangs entscheiden und das Manko durch elektronische Schaltungen (wie Knie-Funktion oder Blackstretch) ausgleichen.

Die Belichtungseinstellung bei CCD-HD-Kameras gestaltet sich von vornherein grundlegend anders als bei der Arbeit mit Rollfilmkameras. HD verhält sich in etwa wie Umkehrfilm. Deshalb orientiert sich die Belichtungseinstellung an den Spitzlichtern, da diese zum hässlichen „Ausfressen“ neigen. Bei üblichem Negativfilm hingegen wird in der Regel auf Schatten belichtet, da eine Unterbelichtung problematischer ist, als eine Überbelichtung.

Neben dem Kontrastumfang im Gesamten spielt das Verhalten des jeweiligen Systems in der Unter- und Überbelichtung eine große Rolle. Bei der Wiedergabe von Spitzlichtern unterliegt HD dem Rollfilm vollkommen. Die lineare Charakteristik der elektronischen Bildwandler führt ohne entsprechende Signalverarbeitung zu einem harten Abknicken in den Lichtern, dem so genannten Clipping. In den Schatten hingegen ist die Durchzeichnung von HD oftmals akzentuierter als die von Rollfilm. Aus diesem Grund entschied sich Michael Mann bei der Umsetzung seines Filmes *Collateral*, der zum Großteil im nächtlichen L.A. spielt, für HD. Smareffekte, also vertikale weiße Linien die von einem harten Lichtpunkt aus das gesamte Bild durchschneiden, gehören bei HD zwar der Vergangenheit an, Lichtquellen sind aber nun von einer künstlichen Kantenaufsteilung umgeben, die zwar auf einem HD-Monitor oder Heim-TV nicht besonders auffällt, sehr wohl aber bei einer Projektion auf Großleinwand. Sollen derartige Begrenzungseffekte bei High Definition – zugelaufene Schatten oder weiß ausfressende Lichter - vermieden werden, so benötigt man erstens einen Chip, der mit solchen Kontrasten umgehen kann und zweitens eine wesentlich höhere Datenrate bei der Aufzeichnung.

Rollfilm hingegen zeichnet auf natürliche Art und Weise einen feinen Lichthof um den Leuchtkörper. Die charakteristische Kurve eines Negativmaterials beginnt mit einem sanften Anstieg in den Schatten und endet in einer ebenso sanften Abrundung in den Lichtern.

Neue CMOS-Sensoren warten mit einem unglaublichen Kontrastumfang von 1:100.000 auf (HDRC), was der Kontrastdifferenzierung des menschlichen Auges gleichkommt. Allerdings explodiert die Datenmenge dadurch so sehr, dass derzeit eine praktikable Speichermethode fehlt. Prinzipiell ist aber festzuhalten, dass der eingeschränkte Kontrastumfang kein grundsätzliches Problem der digitalen Aufzeichnung bleiben wird. Der Blendenumfang der sich gerade in Entwicklung befindlichen ARRI D20 Plus wird bereits mit 10 Blenden angegeben.

Der durch die Lichtempfindlichkeit und den Kontrastumfang resultierende notwendige Lichtaufwand szenischer HD-Filme ist mit der der Rollfilmproduktion vergleichbar. Grundsätzlich jedoch gibt es zwei Unterschiede: Der Vorteil der besseren Durchzeichnung in dunklen Bildpartien bei HD erlaubt die Aufnahme von Bildern in lichtschwachen Situationen, die nicht zusätzlich ausgeleuchtet werden können, zum Beispiel Aufnahmen im Publikum eines Rockkonzertes. Andersherum kann sich bei HD der Lichtaufwand extrem steigern, wenn der Kontrastumfang eines Motivs besonders hoch ist und die Lichtquellen nicht vollständig kontrolliert werden können, wie zum Beispiel bei Gegenlichtaufnahmen in prallem Sonnenlicht. Hier sind häufig extrem starke Lichteinheiten vonnöten, um dunkle Partien zu füllen oder aufzuhellen. Häufig schlechte, aber einzige Alternative ist das

Verengen des Bildausschnittes und bedeutet somit eine deutliche Einschränkung der Gestaltungsmöglichkeiten.

3.2.5 Farbwiedergabe

Insgesamt ist die Farbaufnahme und –Wiedergabe beider Systeme ein hochkomplexer Bereich, mit dem man Bücher füllen kann. Inwiefern sich die Farben zwischen den beiden Systemen HD-Video und Rollfilm im Einzelnen unterscheiden, ist aufgrund ihrer subtilen Eigenheiten sprachlich schwer darstellbar. Auch die technischen Unterschiede in der Farbproduktion spielen für einen ästhetischen Vergleich der beiden Systeme nur eine untergeordnete Rolle. Da im HD-Videobereich jeder Kamerahersteller sein eigenes Hausrezept in punkto Farbe entwickelt hat, die überdies hinaus von der Art des verwendeten Strahlenteilers (Prismas), Bildsensors, der internen Farbmatrix und Gammakurve auffällig variiert, wäre ein Vergleichstest außerordentlich aufwendig. Zudem müsste er die sich daraus ergebenden Farbcharakteristika mit denen verschiedener Filmmaterialien in Beziehung setzen, um ein umfassendes Ergebnis zu erzielen.

Generell lässt sich sagen, dass der Farbraum, also die gesamt darstellbare Anzahl verschiedener Farben, von Rollfilm weitaus größer ist, als die von HD-Video (selbst wenn das Bild unkomprimiert aufgezeichnet wurde). Rollfilm zeichnet grundsätzlich jeden Bildpunkt auf, soweit man überhaupt von einem solchen reden kann, und bietet allgemein eine bessere Farbdifferenzierung vor allem im Bereich der gesättigten Farben.

Die Entwicklung heutiger Filmmaterialien hat eine über einhundertjährige Entwicklung hinter sich. So steckt in der Fertigung moderner Farbfilme „ein immenses Maß an chemischer und verfahrenstechnischer Hochtechnologie, die das ihre dazu beigetragen hat, dass es heute nur noch ganz wenige Anbieter (mit einem überwältigenden Marktführer) gibt“ (vgl. Peter C. Slansky). Parallel dazu haben sich auch unsere Farbsehkonventionen gebildet und daraus unser Verständnis für den so genannten Film-Look.

Entscheidender, als der immens größere Farbraum sind die grundsätzlichen Unterschiede zwischen der Farbwiedergabe der Digitaltechnik und Farbfilm: Bei Rollfilm wird die Farbe in den jeweils auf bestimmte Farbräume abgestimmten Emulsionsschichten gespeichert. Da jedoch keine dieser Schichten im technischen Sinne „farbrein“ aufzeichnet, sondern auch Nebenfarben zulässt, die sich in benachbarten Farbschichten befinden, entsteht eine Verfälschung der Farben, insbesondere in den dunklen bis mittleren Helligkeitsbereichen. Bei der digitalen Technik hingegen funktioniert die Farberfassung prinzipiell linear und durch diesen Umstand unverfälschter als bei Rollfilm. Die daraus resultierende Anmutung entspricht jedoch nicht unbedingt den Erwartungen der Zuschauer an ein Kinobild. Die für Rollfilm charakteristische Farbgebung gestaltet sich durchaus so komplex, dass sie selbst mit ausgefeilten Digitalfiltern in der Postproduktion nur annäherungsweise und unvollkommen nachgeahmt werden kann.

Gerade hier, in der digitalen Postproduktion liegen jedoch die Stärken im Videobereich, denn im Gegensatz zur analogen Bildbeeinflussung bei der Erstellung der Kinopositive bzw. Internegative, bei der nur die Farbe und Helligkeit eines gesamten Bildes anpassungsfähig ist, kann in der digitalen Bildbearbeitung praktisch auf jedes Pixel selektiv zugegriffen und beliebig verändert werden. In der Sekundären Farbkorrektur ist es möglich, einzelne oder ähnliche Farben selektiv zu bearbeiten. Die Technik bietet die Möglichkeit, völlig frei

gewählte Bereiche gezielt zu verfremden, oder die Gammakurve zu verändern. Bildgestalter wünschen sich daher häufig den Rollfilm als optimales Aufnahmemedium um daraufhin durch die Freiheit der digitalen Bearbeitung die Bilder beliebig gestalten zu können.

Abschließend wäre zu sagen, dass es sich im Gegensatz zu den bisher kleineren Farbräumen bei HD-Video, die in den nächsten Jahren das Spektrum von Rollfilm erreichen oder sogar übertreffen können, bei der charakteristischen Farbgebung der beiden Systeme um eine grundsätzliche ästhetische Differenz zwischen Rollfilm und HD handelt.

3.2.6 Schärfentiefe - Tiefenschärfe

Seit den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde die geringe Schärfentiefe von 35mm-Rollfilm als bildgestalterisches Mittel eingesetzt. Mit ihrer Hilfe ist der Bildgestalter in der Lage, die Blicke des Zuschauers zu führen und auf das Wesentliche zu konzentrieren.

Auch heute noch wird die geringe Schärfentiefe als wichtiges Indiz für Kinofilm wahrgenommen. Bei den meisten sich derzeit auf dem Markt befindlichen HD-Camcordern mit zweidrittel-Zoll-Chips ist die Schärfentiefe durch die im Verhältnis zu 35mm-Kameras wesentlich geringere Bildaufnahmefläche wesentlich größer und gilt als signifikanter ästhetischer Unterschied. Die Schärfentiefe entspricht ziemlich genau der des 16mm-Rollfilmes. Sicherlich gibt es Geschichten, die durch den Einsatz von HD-Kameras unterstützt wird, wie zum Beispiel Michael Hanekes Spielfilm *Caché*.



Bei vielen Geschichten wird das Bild eben durch die Schärfe zu hyperrealistisch und flach wirken. Dem Kameramann fehlt bei solchen Produktionen ein ganz wesentliches Werkzeug der Bildgestaltung. Um dieses Defizit auszugleichen, hat die Firma P+S sowohl für Profis als auch für Prosumer ein Gerät entwickelt, das dieses Manko ausgleichen soll; ein 35mm-Schärfentiefeadapter. Dieser erlaubt die Kombination von gängigen 35mm-Objektiven mit Videokameras. Das Licht fällt durch das 35mm-Objektiv auf eine rotierende Mattscheibe innerhalb des Adapters. Das so projizierte Bild mit dem Schärfentiefeverhältnis einer 35mm-Kamera wird nun vom Camcorder abgefilmt.

Die große Schärfentiefe wird immer ein prinzipielles Problem bei Kameras mit zu kleinen Bildaufnahmeflächen bleiben, allerdings stehen schon heute Kameras wie die ARRI D20, Dalsa Origin, Panavision Genesis und bald die neue Red One mit gleichwertiger Schärfentiefe zur Verfügung.

3.2.7 Bewegung

Gegenüber gewöhnlichen Home- und Broadcast-Kameras arbeiten gängige HD-Kameras mit progressiver Abtastung des Bildwandlers, das heißt, es werden wie beim Kinofilm auch 24 bzw. 25 Vollbilder in der Sekunde aufgezeichnet. Auch ist die Belichtungszeit ident. Interessanterweise treten aber auch dann noch gewisse Unterschiede in der Bewegungsdarstellung auf. Hierbei ist zu beachten, dass CCDs die Eigenschaften von – technisch gesehen – idealen Verschlüssen haben, denn alle Pixel werden zum exakt selben

Zeitpunkt ausgelesen. Bei Rollfilmkameras streicht die Kante der rotierenden Flügelblende von der Seite her über das Bildfenster und gibt es auch in dieser Weise wieder frei. Mein subjektiver Eindruck ist der, dass Bewegungen in kritischen Situationen, etwa bei einem flotten Schwenk über viele vertikale Linien hinweg, bei Rollfilm etwas weicher shattert als bei HD. Theoretisch könnte man bei CMOS-Sensoren, bei denen jedes Pixel einzeln ausgelesen wird, auf elektronischem Wege die Bewegung der Sektorenblende simulieren, indem man das Bild ebenfalls mit einem leichten Zeitversatz von der linken zur rechten Seite des Sensors abtastet.

3.2.8 Zeitlupe und Zeitraffer

Leiht man bei einem Kameraverleih eine Rollfilmkamera, erhält man in aller Regel ein zeitlupen- und zeitrafferfähiges System, das im Normalfall stufenlos im Bereich zwischen zwei und fünfundsiebzig Bildern pro Sekunde belichtet. Damit ist man in den meisten Drehsituationen auf der sicheren Seite. Mit etwas mehr Zubehör lassen sich Geschwindigkeitsrampen während der Aufnahme realisieren.

Für eine CCD-HD-Kamera gilt das nur bedingt, da der Chip in der Regel bauartbedingt wenig mehr als 60 Mal in der Sekunde abgetastet werden kann. Die meisten Geräte sind generell nicht in der Lage sind, die Geschwindigkeit zu variieren. Für Zeitlupenaufnahmen mit höherer Frequenz benötigt man ein zeitlupentaugliches Gerät, das speziell für diesen Zweck entwickelt wurde, wie etwa die von ARRI München verliehene Weisscam, die bis zu 650 fps im HD-Standard 1280/720 auf Festplatte bannt.

Auch die nur bedingte Zeitlupenfähigkeit ist kein grundsätzliches Problem des hochauflösenden Videosystems. Mit den gängigen Kameras von Panasonic sind Zeitlupen mit 50 fps bei PAL und 60 fps bei NTSC möglich. Ich gehe davon aus, dass in überschaubarer Zeit CMOS-HD-Kameras erhältlich sind, die auch höhere Bildfrequenzen erreichen werden, da der CMOS-Chip schneller ausgelesen werden kann.

3.2.9 Bildstand

Bildstandschwankungen des Rollfilmes beruhen auf Toleranzen des mechanischen Transports. Sind sie bei der Aufnahme noch tolerierbar, multiplizieren sich die Fehler bei jedem Umkopiervorgang und sind spätestens dann sichtbar, wenn das Bild per Rollfilmprojektor auf seine mehrere hundertfache Größe aufgeblasen wird.

Elektronische Kameras und -projektoren sind gegen solche Fehler immun.

3.2.10 Kratzer und Schrammen

Verunreinigungen, Beschädigungen, Fussel, Staub und Kratzer auf dem Filmmaterial werden auf der Leinwand genauso abgebildet, wie sie in Wirklichkeit aussehen, nur größer. Härchen und Schrammen sind von jedem Zuschauer sofort als solche auszumachen, so dass deren Auftreten sicher zu der Annahme führt, dass es sich dabei um Rollfilmaufnahmen handeln müsse. Deshalb besitzen die meistens digitalen Schnitt- und Compositingsysteme von Haus aus bereits spezielle Effektfiler, mit der die Menge von digitalem Staub und digitalen

Kratzern frei gewählt werden kann. So komisch das klingt, ich gehe davon aus, dass der Einsatz dieses digitalen Effekts in Kombination mit anderen Filtern, vorausgesetzt er wird sparsam genug eingesetzt, auf das Unterbewusstsein in der Form wirken kann, als dass das gesehene Videobild eher als Kinobild akzeptiert wird.

Bei der digitalen Aufzeichnung hingegen führen Verunreinigungen zu Datenverlusten, die sich in extremen Fällen als grobe, schachbrettartige Würfelung des Bildes zeigen oder sogar zu totalen Bildaussetzern, also Schwarzbildern führen. Bei hoch komprimierten Formaten, wie zum Beispiel HDV, bei dem in einer Kette von 15 aufeinander folgenden Bildern nur das erste vollständig aufgezeichnet wird, führt ein Datenverlust beim so genannten Kopfbild zu einer fast zweidrittel Sekunde dauernden Bildstörung. So ein Fehler ist ausschließlich durch zeitaufwendige Retuscharbeiten zu entfernen. Um solchen Fehlern vorzubeugen, arbeiten alle Magnetaufzeichnungsverfahren mit einem gewissen zeitlichen Versatz. So kann bei kleinen Datenverlusten die fehlende Information wieder vollständig hergestellt und daraufhin aufgezeichnet werden.

3.2.11 Skalierbarkeit

Bisher ist es bei der Filmaufnahme wesentlich leichter, das Bildseitenverhältnis zu ändern. Breitere Bildformate werden durch das Weglassen von Bildteilen oben und unten realisiert oder das Bild wird von vornherein horizontal gestaucht (Cinemascope), so ist gegenüber dem Bildseitenverhältnis 4:3 von 22 x 16 mm Bildfeldgröße das Breitwandformat 1,66:1 lediglich 22 x 12,8 mm groß. Im Kino wird das Bild durch ein Projektionsobjektiv mit kürzerer Brennweite stärker vergrößert, so dass die Bildhöhe gleich bleibt. Die Auflösungsreserven des 35mm-Rollfilms machen dies möglich. Daher sind auch Aufnahmen für verschiedene Bildseitenverhältnisse, etwa für Kino und Fernsehauswertung, leichter möglich. Bei der digitalen Aufzeichnung ist die Datenmenge stets ein Kostenfaktor, so dass die Frage des Bildseitenverhältnisses von vornherein entschieden werden sollte.

3.3 technische & ästhetische Unterschiede - Zusammenfassung

Es wird immer Unterschiede zwischen beiden Systemen geben, „denn [HD] ist eben nicht Film und kann daher zwangsläufiger Weise, auch nicht genau wie Film aussehen“ (Michael Gööck).

Das Filmbild hat eine über hundertjährige Geschichte hinter sich und viele Gesichter. In der Anfangszeit des Kinos war es noch schwarzweiß, es wurde monochromatisch gefärbt (viragiert), teilweise sogar nachträglich in Handarbeit coloriert. Das Filmmaterial kannte zunächst nur wenige Nuancen zwischen schwarz und weiß und erst als die Technik es zuließ, das Material sensibel genug war, hatte man die Möglichkeit, das Bild sanft mit indirektem, künstlichen Licht zu modulieren. Als Zwischenschritt zum heutigen Farbfilm mit Einstreifenverfahren wurde das Bild mit sehr großen Kameras auf drei parallel laufenden Rollfilmstreifen aufgezeichnet (Technicolor-Verfahren) mit sichtbar anderen Farben und Kontrasten. Neue Vergütungen bei den Objektiven verringerten zunehmend Lichtreflexionen, immer bessere Schleifmethoden und Glasqualitäten garantierten immer höhere Lichtempfindlichkeiten und Bilder mit immer weniger Verzeichnungen selbst im extremen Weitwinkel- oder Telebereich.

Wohin hat sich das Celluloid-Bild also in den letzten 110 Jahren entwickelt? Es ist sehr scharf, hat durch seine physikalische Größe eine geringe Schärfentiefe, eine enorme Auflösung, der Farbraum ist riesig und seine Farbgebung ist mit brillant zu bezeichnen. Der Kontrastspielraum liegt bei etwa 12 Blenden und das Filmkorn ist auf ein Mindestmaß reduziert. Seine primären Schwächen liegen im schlechten Bildstand und hohen Kopierverlusten bis zur endgültigen Kinokopie und gerade bei kleineren Projekten spielen die Kosten für das Aufnahmematerial, seine Entwicklung und Abtastung eine große Rolle.

High Definition bietet technisch ein genaueres Bild. Eingefasst in ein fixes Raster von Pixeln ist jeder einzelne Bildpunkt in Zahlenwerten beschreibbar. Der Bildstand ist perfekt, Kratzer und Schrammen sind unbekannt. Die Bilder sind sofort nach der Aufnahme verfügbar und müssen, bevor sie weiterverarbeitet werden können, nicht entwickelt und abgetastet werden. Das Bildrauschen ist stark reduziert, das Bild wirkt dadurch im Allgemeinen deutlich klarer, viele sprechen von hyperrealistisch. Die Bildwirkung wird mit clean, hart, kühl oder hyperreal beschrieben, die geringe Unschärfe kommt zwar dem Wahrnehmungsverhalten des Auges näher, ist aber für eine bildgestalterische Arbeit eher hinderlich. Kontraste sind derzeit noch eingeschränkt und die Farbgebung ist durch den eingeschränkten Farbraum begrenzt und wirkt weniger filmisch.

3.4 Über die Arbeit mit High Definition

Wenn Kameraleute über ihre Arbeit mit HD sprechen, dann sind die Erfahrungen so unterschiedlich, wie die Systeme, die sie dazu nutzen. Im Wesentlichen gibt es drei Sichtweisen.

Da sind die Kameraleute vom Rollfilm mit den höchsten Ansprüchen an Qualität und Handling. Deren Aufgaben liegen primär in der szenischen Erzählweise, in der bildlichen Umsetzung von Spielfilmen, Serien, Werbung und Musikvideo. Da ist des Weiteren die große Gruppe der Fernsehkameraleute mit vielen Einsatzfeldern wie Image, Sport, Show, Nachrichten, Magazin, Sitcom, Soaps etc. und die dritte Gruppe von weitestgehend freien FilmemacherInnen, die Dokumentar-, Kurz- und Experimentalfilme erstellen und deren Ansprüche an die Technik im Verhältnis stark variiert.

Natürlich ist diese Gliederung recht grob gefächert, ich halte sie aber im Rahmen dieser Betrachtungen für durchaus sinnvoll. Im Folgenden möchte ich die Arbeit aus den Augen der jeweiligen Gruppe betrachten, weil einerseits die Ansprüche der Kameraleute, andererseits die Folgen der Umstellung auf hoch auflösende Formate recht unterschiedlich sind.

3.4.1 Die Gruppe der unabhängigen Filmemacher



Wie eingangs erwähnt, sehe ich die Entwicklung von HD mit den Augen eines Independent-Filmers. Mein erster Camcorder (Canon E 50) zeichnete auf Video8-Cassetten auf, die Blende zog die Kamera vollautomatisch, leider ohne dass ich einen manuellen Zugriff darauf hatte. Ich konnte staunen als ich meine zweite



Videokamera, eine Sony CCD V 6000 E, damals das Flaggschiff der Hi8-Technik, an den

Fernseher anschloss – Welch ein klares Bild und welche prächtigen Farben, im Vergleich. 1996, Praktikum in einer Videoproduktion für aktuelle Berichterstattung und Magazinsendungen; sperrige Kameras o.k., aber dieser Detailreichtum von Betacam SP, pure Brillanz und wieder großes Staunen. An einen Vergleich in die andere Richtung, nämlich Kino, habe ich damals überhaupt nicht gedacht, Die Trennung war klar; Video ist Fernsehen, Film ist Kino, Werbung und Serie.

Heute, ein knappes Jahrzehnt später ist dieser Vergleich möglich, und die Tatsache allein finde ich schon erstaunlich, auch wenn er in den meisten Punkten noch immer für den Rollfilm ausgeht. Selbst Amateurfilmer erhalten heute für unter 2000€ bereits digitale Kameras mit der vierfachen PAL-Auflösung bei eingeschränktem Farbraum, und wenn sie noch ein paar Tausender drauflegen, auch diesen... echtes DVCPRO HD für zwölftausend, Schnittplatz inklusive. Dass die Wenigsten sich diese Qualität derzeit auch anschauen können, sei nur am Rande erwähnt.

In den letzten Jahren hat sich die Gruppe der unabhängigen Filmemacher durch die Einführung des digitalen Videoformats DV, der Verfügbarkeit günstiger Schnittsysteme und nicht zuletzt des Internets als interdisziplinäres Kommunikationsmittel einem großen Wandel unterzogen; vor allem die Ungebundenheit von teuren Schnittplätzen hat vielen erst die Möglichkeit geboten, Filme zu machen. Die primären Vorteile der erhältlichen Produktionsmittel liegen in ihrer begrenzten Größe und Leichtigkeit, denn nun werden den FilmemacherInnen Möglichkeiten geboten, die zuvor nur mit großen Budgets und großem Gerät realisiert werden konnten; Leichtkräne, die nun in eine Anglertasche passen, transportieren die Kamera in ungewohnte Höhen, Leichtdollies und Steadicamsysteme in großer Vielfalt erlauben schwebende Bilder, Leichtkompendien sorgen für die Nutzbarkeit von diversen Filtern aus dem Profibereich und selbst Focus-Assists sind im Handel erhältlich. Zahlreiche Veröffentlichungen zum Thema „Guerilla Film Making“ verkünden, dass das Drehen im Schatten der Bürokratie möglich geworden ist.

Für DokumentarfilmerInnen erfüllen DV-Camcorder oftmals zwei spezielle Ansprüche, die weder von Rollfilmkameras noch von Schultergeräten erfüllt werden. Ulrike Koch, Dokumentarfilmerin und Sinologin schätzt an der Arbeit zu ihrem Dokumentarfilm *Die Salzmänner von Tibet* „die Nähe zu den Protagonisten, die sich sicher fühlten vor der unscheinbaren Kamera, [...] auch auf engstem Raum wie im Nomadenzelt. So konnte eine wichtige filmische Qualität entstehen, die beseelte Interaktion mit den Menschen vor der Kamera.“ Sie nennt zudem das zweite, oft genannte Argument, das bei der Arbeit wesentliche Freiheit schafft: „Bei unerwarteten Geschehnissen und Situationsgesprächen [...] wurde das höhere Drehverhältnis zu einem Reichtum, beispielsweise für die Herausarbeitung der aus Original-Dialogen zusammengesetzten Textebene im Film.“

Was sich in DV begründete, findet nun in HDV seine Fortsetzung. Der geschickte Schachzug der Gerätehersteller bei der Einführung des neuen Formats begründet sich in der Abwärtskompatibilität zu DV. Wie zuvor wird auf DV-Tapes aufgezeichnet und der PC mit vorhandener Software wird durch ein einfaches Software-Update zum HD-Schnittplatz. Somit fällt der Umstieg leicht und die erreichbare Qualität steigt zumindest soweit, um die HDTV-fähigen Fernsehgeräte mit ausreichender Qualität zu versorgen.

3.4.2 Die Gruppe der TV-Kameraleute

Auch Kameraleute, die heute zumeist mit Schultergeräten auf Digibeta oder in Österreich auch auf IMX drehen, empfinden den Wechsel auf High Definition sicherlich als willkommene Sache, sobald die Kinderkrankheiten der heute erhältlichen Camcorder kuriert sind. Die größten Umstellungen werden für sie vermutlich im Wechsel vom Standard-Bildseitenverhältnis von 4:3 auf 16:9, einer deutlich genaueren Schärfearbeit und ggf. einem Wechsel des Speichermediums liegen.

3.4.3 Die Gruppe der Rollfilmkameraleute

Wie im Kapitel *Bildqualität und -ästhetik* bereits angesprochen zielen die Broadcasthersteller gerade auf den Filmsektor ab, in dem zumindest in Deutschland die meisten Gelder fließen; den 16mm-Bereich. Das betrifft hauptsächlich Kameraleute die in der Serienproduktion beschäftigt sind oder bildqualitativ hochwertige Dokumentarfilmreihen produzieren. Und gerade hier melden sie berechtigte Bedenken gegen die neue Produktionstechnik an.

Folgende Frage von Michael Gööck: „Welcher Teufel sollte uns reiten, den ganzen state-of-the-art-Kamerabau in die Tonne zu treten und uns mit windigen Halbfertigprodukten zufrieden zu geben, die weit hinter die erreichten Standards zurückfallen?“

Im Verhältnis zur Broadcast-Technik hat es die Rollfilmkamertechnik tatsächlich weit gebracht; modulare Technik für jeden Einsatzzweck, abwärts- und meist auch aufwärtskompatibles Zubehör, klar und übersichtlich gestaltetes Design und Elektronik sowie Mechanik, die robust genug sind, um sowohl im feuchten Amazonasgebiet, in trockener Sahara oder an (noch) frostigen Polkappen zuverlässig zu arbeiten.

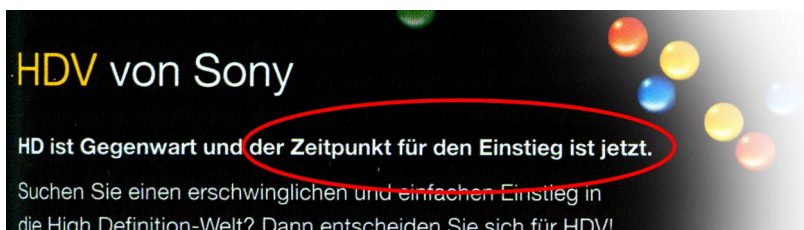
Vor allem aber bietet eine Rollfilmkamera ein optisches Suchersystem, das das Sehen erleichtert. Das bedeutet ein Bild, das Beurteilen von Kontrast- und Schärfeverhältnissen, von Proportionen und Bildkompositionen zulässt und zudem den Überblick jenseits des aufgenommenen Bildes gewährt. Das ist absolut notwendig, um überhaupt reagieren zu können, wenn Schwenks nah an Stativen oder sonstigen Störobjekten vorbei gemacht werden oder sich Mikros gefährlich nah an die Bildkante schieben. Durch die derzeit erhältlichen elektronischen Sucher ist diese Übersicht nicht gegeben. Schärfe und Kontrast sind nur bedingt und Farbe gar nicht kontrollierbar.

Als Independentfilmer mit Billigdorfer-Kameras ist man daran gewöhnt, mit Kontrollmonitoren am Set zu arbeiten. Für Rollfilm-Kameraleute aber ist die Notwendigkeit eines solchen Instruments ein herber Rückschritt, denn das ewige Hin und Her zwischen aufnehmendem Gerät und beurteilender Funktion am Monitor bricht die Einheit, die ein optisches Suchersystem gewährt. Es erscheint schon als Farce, dass der Hauptverantwortliche für das Bild, ausgerüstet mit einem Schwarzweißsucher mit verminderter Auflösung, im Moment der Aufnahme von allen Mitgliedern des Teams die schlechteste Kontrolle über das Bild hat.

Das Gros der erhältlichen HD-Camcorder, also die aus dem Broadcastbereich weiterentwickelten Geräte sind im Gesamten deutlich anfälliger, sowohl was äußere Bedingungen wie Temperaturschwankungen oder Feuchtigkeit betrifft, als auch die Stabilität und Ergonomie des Gehäuses selbst.

Haarsträubende Erfahrungen machte DOP Christian Berger im Sommer 2004, der bei Michael Hanekes mehrfach ausgezeichnetem Spielfilm *Caché* die Sonys HDW-F 750 und 900 führte. In diversen Vorträgen nach den Dreharbeiten berichtete er von schlechtem Handling „in Bezug auf Kamera-Balance [und der] Auf- und Umbau-Ergonomie“, die praktisch nicht existiert, einem immanenten Fehler auf einem CCD-Sensor der Kamera, der „vertikale Schattenbilder im linken Bilddrittel vor allem im Blaukanal“ erzeugt, vom Bruch des Kamerabodys schon bei leichtem Schlag, von Akkuanzeigen, die im einen Moment noch halb voll anzeigen, bevor sich die Kamera wenige Sekunden später selbständig abschaltet, von lauten Ventilatoren zur Kühlung der CCDs, deren heiße Abluft beinahe das Gesicht des Kameramannes verödet und den O-Ton verunmöglicht und als Hammer obendrein von „Auflagemaßveränderungen“, die oft eine mehrfache Neujustierung der Objektive pro Drehtag erforderlich machte. Am Ende des Drehs arbeitete das Team mit der fünften Kamera. Seine prägendste Erfahrung bringt Berger mit folgenden Worten auf den Punkt: „die substantielle Beeinträchtigung der künstlerischen Arbeit“.

Nach solch einem „digitalen Leidensweg“ muss man dann wohl die Bilanz ziehen, „Nie wieder, solange nicht ganz entscheidende Fortschritte und Entwicklungen gemacht werden“ und zwar nicht nur technische, sondern „vor allem die auf der mentalen, [...] seelischen Seite“.



Werbung im Film- & TV Kameramann, Ebner Verlag, Ausgabe 02/07

Die Reaktion vom Sony Support reichte von lapidarem „Achselzucken bis Verleugnung des Phänomens, oder der Einfachheit halber überhaupt keine Antwort“ bis hin zu „müssen [das] Gerät nach Japan schicken“. Solche

Reaktionen sind nur schwer verständlich, zumal der Anbieter in seiner Werbung mit „the future is now“ die Ansprüche an sich selbst sehr hoch steckt und zeigen überdeutlich die Einstellung gegenüber den Kunden. Beim Dreh führten die mannigfachen Fehler zu Unverständnis über Wut zu Frust, nicht nur beim Kameramann selbst, sondern beim gesamten Team. Ähnliche Erfahrungen machten übrigens auch andere Kameraleute, die mit diesen Modellen arbeiteten, allerdings erfährt man in der Fachpresse relativ wenig davon und das begründet sich darin, dass Sony seit Jahren ein wichtiger Werbeträger für die Printmedien ist und sich damit eine nicht zu unterschätzende Machtposition erkaufte hat.

Berichte über solch katastrophale Umstände, die mögliche ökonomische Vorteile schnell zunichte machen, führen zwangsläufig zu der Frage, die ebenfalls Michael Göock stellt: „Warum nicht die ausgefeilte, in Jahrzehnten erprobte [Rollfilm-] Kameratechnik mit digitaler Bildwandler- und Verarbeitungstechnologie kombinieren? Wo bleibt das Digitalrückteil zur bewährten 35mm-Filmkamera?“



Eine Antwort aus München lautet ARRIFFLEX D20. Ich möchte dieses Zwitterwesen aus Präzisionsmechanik, gepaart mit bester Digitaltechnik kurz ansprechen, weil es derzeit den, zumindest europäischen, High End Bereich der Kameratechnik repräsentiert. Aus den

Erfahrungen mit dieser Kamera lassen sich einerseits die derzeitigen Defizite zur Rollfilmtechnik und des Weiteren die Ansprüche der Kameraleute an solche Geräte am besten ablesen.

Zur Technik: Die ARRIFLEX D20 wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut entwickelt. Sie ist mit einem 6,2 Mio. Pixel CMOS-Sensor in der Größe eines 35mm-Rollfilmbildes bestückt und erreicht damit dieselben Schärfentiefeverhältnisse, wie die analogen Pendanten. Das Modell hat mittlerweile serienreifen Status angenommen, erste Filme sind fertig gestellt. Mittlerweile wurden „prinzipiell“ auch die Probleme der Datenaufzeichnung gelöst und zwar durch Festplattenmodule, so genannte FlashMags, die anstelle der Filmmagazine angeflanscht werden. Prinzipiell deshalb, weil sie derzeit noch sehr teuer und zudem kaum verfügbar sind.

Nachdem im Dezember 2006 die zweiteilige TV-Märchenverfilmung *The Hogfather* über die britischen Fernsehbildschirme flimmerte, strahlte das ZDF im Januar '07 einen eigenproduzierten Fernsehdreiteiler aus, über dessen Dreharbeiten der Film & TV Kameramann in seiner Dezemberausgabe berichtete. Der historische Stoff *Afrika mon amour* wurde im Herbst 2006 in Berlin, Wien, Wales und zum Großteil an verschiedenen Schauplätzen in Kenia gedreht, zum Teil mit zwei oder drei D20-Modellen zeitgleich. Frank Küpper zeichnet sich für die Bilder verantwortlich und war mit den Bildergebnissen „sehr zufrieden [...] die nahe an 35 Millimeter heranreichen und Super16 an Detailreichtum übertreffen.“

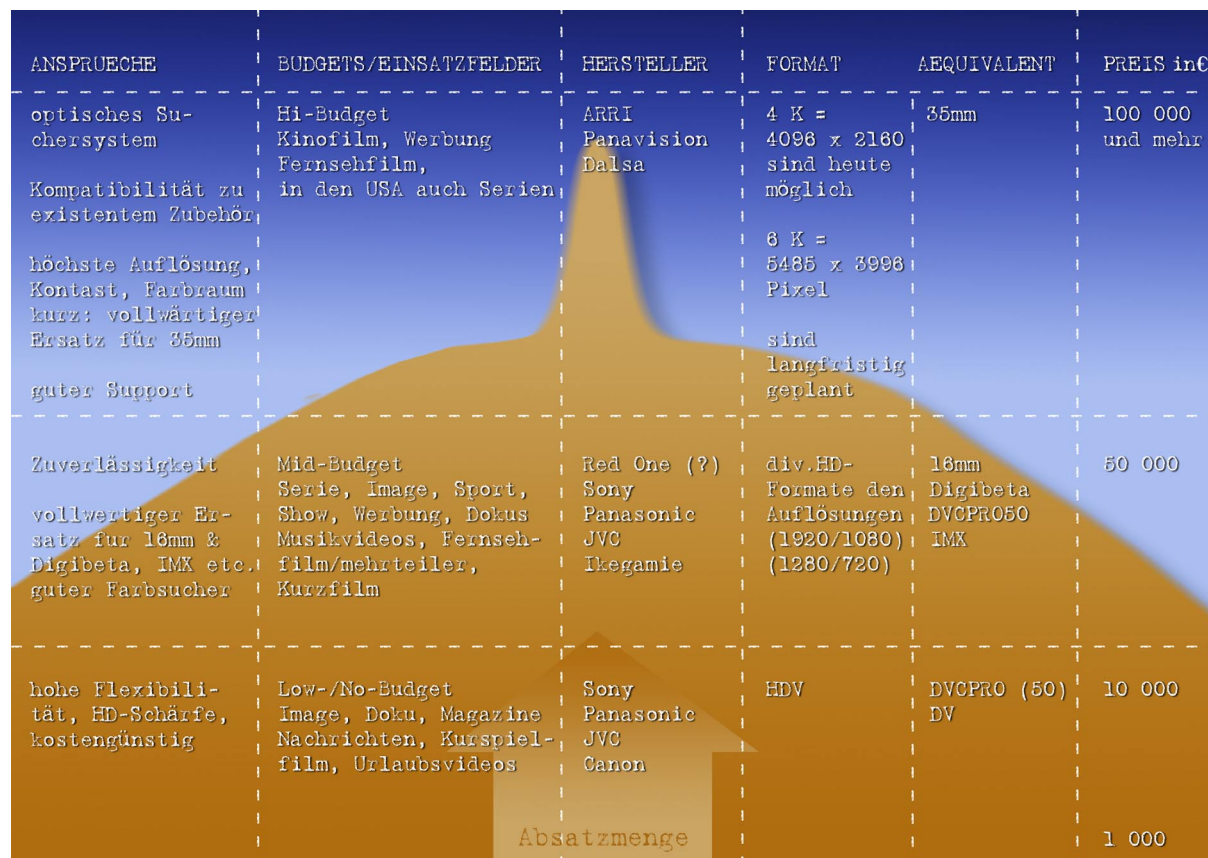
Allerdings sei der Kontrastumfang noch geringer als bei Rollfilm und an sich sei die Kamera mit ihren 320 ASA noch etwas lichtschwach. Aus rollfilmtechnischer Sicht weist das Modell nach Küpper noch einige Mankos auf, die den kreativen Spielraum des Kameramannes einschränken; Das Bildsignal wurde mittels mehrerer Kabel zum separaten Videorekorder (HDCAM-SR) geführt, ganz so wie bei den ersten Betacam SP Kameras. Der Kameramann kann die Aufnahme nicht (!) an der Kamera starten, was bedeutet, dass spontan sich ergebene Situationen nicht, oder nur mit einem sehr aufmerksamen Videooperator, aufgezeichnet werden können. Die Settings der Kamera können nur über einen separaten Monitor überprüft werden und diese Liste lässt sich noch verlängern, vor allem in punkto Handling.

Im Gegensatz zum Support des großen Broadcast-Geräteherstellers SONY hat ARRI offensichtlich verstanden, den Input der Kameraleute ernst zu nehmen und für die Verbesserung ihrer Maschinen zu nutzen. So ist davon auszugehen, dass in wenigen Jahren die oben erwähnten Problemstellungen gelöst sind und eine gleichwertige Arbeitsbasis erhältlich ist, wie sie im 35mm-Bereich bereits seit Jahren existiert.

Gespannt darf man darauf sein, ob ARRI ein digitales Pendant zu den bewährten 16mm-Rollfilmkameras herausbringt, quasi einen kleinen Bruder der D20. Dies macht Sinn, um den 16mm-Sektor nicht den Broadcast-Kamera-Anbietern zu überlassen. Walter Trauninger, Leiter der Entwicklung von ARRI, hält sich derzeit leider mit Auskünften über eine solches Modell bedeckt.

3.5 Anforderungen & Angebot des Marktes an High Definition Kameras

Im Folgenden habe ich in einer Grafik die diversen Ansprüche der Kameraleute, bzw. Einsatzfelder aufgeführt und sie mit den Herstellern, Leistungen und Preisen etc. in Verbindung gestellt.



So aufgelistet wird deutlich, dass die verschiedenen Hersteller, weitestgehend weiterhin für den Markt entwickeln, für den sie bereits seit Jahren produzieren und zwar mit ähnlichem Preisniveau, nun halt in HD. Relativ neu ist die Tendenz, dass vor allem Sony mit seinen Geräten auch in den traditionellen Rollfilmbereich vordringen will. Da der Hersteller aber vermutlich nicht von seiner im Verhältnis zur Rollfilmtechnik sparsamen Kamerabauweise abgehen wird, genauso wenig wie die Rollfilmkameraleute bereit sind, sich von den Vorzügen ihrer Geräte zu trennen, wird HD sich erst im Kinosegment durchsetzen, wenn die etablierten Hersteller aus dem Rollfilmbereich marktreife Geräte mit deutlich höherer (DCI-konformer) Auflösung und komfortablen Speichersystemen herausgebracht haben. Voraussichtlich werden in Zukunft mit High-Definition-Kameras Serien produziert, da sie der Qualität des 16mm-Standards standhalten und dabei aufgrund der geringen Bandkosten gegenüber Rollfilm günstiger sind. Nun liegt es an traditionellen Rollfilmkameraherstellern wie ARRI, möglichst nahtlos digitale Alternativtechnik in bewährtem Gewand zu entwickeln, damit die Kameraleute nicht gezwungen werden, sich mit den von großen Kameraherstellern aufgezwungenen „Halbfertigprodukten“ zufrieden geben zu müssen.

Auch im unteren Preissegment tut sich etwas. Erstmals ist es mit wenig Geld möglich, Dokumentarfilme mit visuellem Anspruch selbst für das Kino zu produzieren, theoretisch sogar im Alleingang. Ulrike Koch meint dazu einschränkend: „Die Technologie scheint

immer benutzerfreundlicher zu werden, verleiht zunehmend die Möglichkeit, selbständig und spielerisch mit diesen Medien umzugehen. Theoretisch kann ich jetzt meinen Film alleine machen, ich führe die Kamera und schneide zuhause an meinem Computer. Doch mir und vor allem dem Resultat meiner Arbeit wird dieses Netz an hoch professionellen, engagierten und künstlerischen Menschen, die ich zu Mitarbeitern gewinnen konnte, essentiell fehlen.“

Ich gehe davon aus oder möchte vielmehr die Hoffnung nicht aufgeben, dass in den nächsten Jahren der sich seit einigen Jahren abzeichnende Aufschwung für den Dokumentarfilm kommen wird und zwar sowohl im Kino als auch im TV. Dafür gibt es drei Gründe: Erstens haben diese Filme meist Inhalt und Substanz, zweitens sind sie relativ günstig und in kleinem Team zu produzieren, drittens steigt das Interesse an intelligentem Programm in Anbetracht des Fernsehbreitennetzes, zumindest leicht. Das Grundproblem ist folgendes: „Das kommerzielle Fernsehen von heute fährt ganz gut damit, Sendungen herzustellen, die eine große Zahl von Leuten gerade so wenig langweilt, daß sie nicht ausschalten (Stefan Niggemeier)“. Weitere Probleme im Fernsehbereich sind fehlende Kreativität und fehlender Mut bei den Redakteuren oder Sendeverantwortlichen und nicht zu vernachlässigen, die häufig wirtschaftliche Abhängigkeit von Werbeträgern.

3.6 Resümee

Digitale Systeme sind dumm, denn bei jedem Samplingschritt, also viele tausend- oder Millionen Mal pro Sekunde, muss sich das System, zu Ungunsten der Wirklichkeit, für den nächstliegenden, digital möglichen Wert entscheiden. Unabhängig davon, wie fein die Skala abgestuft wird, bleibt ein unvermeidlicher Quantisierungsfehler durch Auf- oder Abrundung. Daher wird ein digitales System nie die Feinheiten eines differenzierten Klages oder die Tonwertabstufungen eines Gesichtes so wiedergeben können, wie ein analoges Medium. Die Dummheit der digitalen Systeme ist gleichzeitig ihre größte Stärke, denn will man ein technisches Abbild der Wirklichkeit kopieren, ist es höchst unwahrscheinlich, dass eine Null als Eins interpretiert wird, denn dazu müsste das Signal mindestens zu 50% verfälscht worden sein.

Qualitativ gesehen liegt also die eigentliche Stärke von High Definition nicht in der Bildaufzeichnung, sondern vielmehr in der Weiterverarbeitung, Projektion und der Distribution auf anderen Wegen, wie etwa der Auswertung auf (HD-)DVD, TV oder Video-on-demand.

Im Kinobereich muss es klare Vorteile geben, um eine digitale Kamera einer 35mm-Rollfilmkamera vorzuziehen. Derzeit ist die bewährte Technik selbst den besten HD-Modellen einen Schritt voraus. Den größten Spielraum bietet noch immer das Negativ als organischer Datenspeicher. Es ist langlebig und bietet beste Voraussetzungen als Speichermedium und bietet optimale Ausgangsbasis für komplett digitale Aufbereitung mit dem großen Malkasten in der Farbkorrektur.

Dennoch lässt sich die eingangs gestellte Frage, ob HD als Aufnahmemedium für Kinofilm taugt, bedingt mit Ja beantworten. Zwar wäre eine sofortige totale Umstellung aus den oben genannten Gründen deutlich verfrüht, trotzdem gibt es auch heute schon gute Argumente, HD für bestimmte Geschichten als Stilmittel zu nutzen, da das Medium eine ihm eigene Ästhetik aufweist. Hier ist zum Beispiel „Caché“ von Michael Haneke zu nennen.

In punkto Bildrauschen, Bildfehler oder Bildstand schneidet HD besser ab als das analoge Pendant und findet daher seinen Einsatz insbesondere bei Spielfilmprojekten, die auf visuelle Attraktion abzielen und viele rechnergenerierte Spezialeffekte notwendig machen. Hier zeigen sich die technischen Stärken des digitalen Formats, vor allem die direkte Verfügbarkeit des Bildes nach der Aufnahme. Als Filme anzuführen wären *Star Wars – Episode II* von George Lucas, *Sin City* von Robert Rodriguez oder *Crank* von Mark Neveldine und Brian Taylor.

Nach ausführlichen Tests mit den Kodak High-Speed Materialien entschieden sich Michael Mann und sein Director of Photography Paul Cameron aufgrund der im Verhältnis besseren Nachsichtfähigkeit bei ihrem Low-Key Großstadtmovie *Collateral* für die digitale Aufnahme. Gedreht wurde sowohl mit der Viper Film Stream Kamera als auch, aufgrund höherer Flexibilität, mit der Sony HDW-F 900.

Die Arbeit mit High Definition erfordert bei Rollfilmkameraleuten die größte Umstellung. Umfassendes KnowHow bezüglich der Funktionsweisen digitaler Geräte, die Notwendigkeit umfassender Formatkenntnisse und das Wissen um die Beherrschung des Lichts bei dem eingeschränkten Kontrastumfang des Systems sind neue Voraussetzungen für den Bildgestalter. Die größte Sorge bezieht sich auf den Ersatz ausgefeilter Technik gegen Kameras aus dem Broadcastbereich mit allen oben angeführten Mängeln und dem Verlust des state-of-the-art-Kamerabaus mit optischem Sucher und ausgefeiltem Zubehör für Funkschärfe, Blendensteuerung etc.

4. Das Kino von Heute und Morgen

Im Verhältnis zu den bevorstehenden Veränderungen bei der Aufnahme von Kinobildern ist der Wandel der nachfolgenden Distributionskette ein weitaus komplexerer. Um beim Bild zu bleiben, möchte ich zunächst einen kurzen Blick auf den Stand der aktuell verfügbaren Technik der Projektoren werfen. Daraufhin wende ich mich dem Prinzip und den notwendigen Umrüstungen für eine digitale Kinokette zu und möchte auch hier eine Bestandsaufnahme der aktuellen Lage wiedergeben. Langsam drängen sich die Fragen auf, wer eigentlich Interesse am digitalen Wandel hat und natürlich auch die daraus resultierende Frage der Finanzierung.

4.1 Digitale Projektion

„Das Streben der Techniker gilt dem perfekten Bildmedium. Könnte dies realisiert werden, gliche es einem Fenster, durch das wir ungefiltert in eine andere Welt schauen könnten. Der Blick in ein als solches nicht mehr wahrnehmbares Bildmedium wäre von dem Blick durch ein Fenster nicht mehr zu unterscheiden. Somit wäre das perfekte Kino die Kombination des perfekten Bildmediums mit dem perfekten Tonmedium. [...] Paradoxerweise bedeutete das perfekte Bildmedium aber keine Erweiterung der kreativen Möglichkeiten, sondern vielmehr deren ungeheure Einengung: Es opfert das gestaltete Bild zugunsten des perfekten Abbilds. Denn Gestaltung ist dasjenige im Bild, das über das Abbild hinausgeht. Zum Erzählen seiner Geschichten in Bildern und Tönen bedarf das Kino aber der Gestaltung notwendigerweise“ (Peter C. Slansky).

Anderes gilt für die Reproduktion, also für die Projektion und Distribution. Hier muss die Forderung lauten, dass das Bild möglichst ohne sichtbare Veränderungen so auf die Leinwand fällt, wie es in akribischer Feinarbeit in der Farbkorrektur erzielt wurde. Dies ist bei der Projektion über die analogen Projektoren schlicht nicht möglich. Zu verschieden sind Faktoren wie diverse Leinwandgrößen, schlechte Zustände von Projektorobjektiven und Lampen, mal ganz abgesehen von der zunehmenden Qualitätsminderung der Kinokopien durch häufige Vorführung.

Auch beim digitalen Kino ist nicht zu erwarten, dass das Bild, gleich in welchem Kino, auch gleich wirkt. Wie auch in der Aufnahmetechnik ist die Farb- Helligkeit- und Kontrastwiedergabe von Hersteller zu Hersteller verschiedenen und abhängig von den Eigenheiten der genutzten Projektortechnik. Dennoch birgt die Entwicklung digitaler Projektoren enormes Potenzial. Im Folgenden möchte ich knapp die zukunftsreichsten Technologien vorstellen und halte mich dabei an die High End Geräte, die das derzeit machbare präsentieren. Im Wesentlichen bahnen sich derzeit zwei Projektionssysteme den Weg ins Kino oder schon dort angekommen: die DLP-Technologie und die beiden miteinander verwandten Verfahren D-ILA und SXRD.

4.1.1 DLP-Projektoren

In den 80er Jahren entwickelte die Firma Texas Instruments das DMD-Prinzip, daraus entwickelte sich DLP. Beide Systeme sind weltweit geschützt und Texas Instruments als einziger Hersteller beliefert erst in den letzten Jahren immer mehr Firmen mit ihrer Technik; Barco, NEC, Christie, Panasonic, Sharp, BenQ und den deutschen Traditionshersteller von Rollfilmprojektoren KINOTON.

Digital-Light-Processing-Projektoren verwenden DMDs (Dynamic Mirror Devices). Das Display, bzw. die drei Displays, setzen sich aus einem Raster von sehr feinen, quadratischen Spiegelflächen zusammen. Jeder Spiegel entspricht einem Pixel und kann über ein Piezzokristall in sehr kurzen Zeitabständen zwischen zwei Winkelstellungen ($+10^\circ$ oder -10°) hin oder her gekippt werden. Somit kann ein Lichtstrahl entweder durch das Objektiv auf die Leinwand oder an ihm vorbei reflektiert werden. Da nur diese beiden Zustände möglich sind, also AN oder AUS, muß die Helligkeit des Bildpunktes durch eine sehr hohe Frequenz von Ein- und Ausschaltvorgängen erreicht werden. Dank der Trägheit unserer Wahrnehmung entsteht ein konstanter Helligkeitston. Teilt man die Dauer eines Bildes, das eine vierundzwanzigstel Sekunde projiziert wird in 1024 Einheiten auf, erhält man eine Abstufung (Quantisierung) der Helligkeit in 10 Bit. Für den dunkelsten darstellbaren Grauton bleibt die Spiegelfläche 1024 Phasen auf der Stellung AUS, für den hellsten über die gesamte Dauer AN. Eine hellgraue Fläche hat vielleicht 900 AN-Phasen und 124 AUS-Phasen, eine dunkelgraue vielleicht 800 AUS- und 224 AN-Phasen. Soweit die etwas vereinfachte Darstellung, die Zeit für die Winkeländerung kann hierbei vernachlässigt werden, da sie etwas unterhalb einer zwei Millionstel Sekunde.

Um die Farben zu erzeugen, arbeiten in DLP-Projektoren drei Displays (Bildwandler) in den additiven Grundfarben rot, grün und blau mit einem Strahlenteilerprisma in einem festen mechanischen Block. Aufgrund des Reflexionsprinzips bleiben die Bildwandler relativ kühl. Die Hitze entsteht hauptsächlich im Absorptionsbereich (dem Kühlblech) außerhalb des Projektionsstrahlengangs und muss dort gekühlt werden.

Vorteile (ich beziehe mich in den Details auf das Panasonic Flaggschiff PT-DW 10000U):

- Der erreichbare Kontrast liegt bei 1350:1. Mit einer vor das Objektiv geschalteten Auto-Iris, die bei dunklen Inhalten abblendet, um störendes Streulicht aus der Optik zu filtern, und bei hellen Bildinhalten aufblendet, um das volle Potenzial auf die Leinwand zu bringen, soll ein Kontrastumfang von bis zu 5000:1 möglich sein.
- Der dunkelste Grauwert liegt fast bei schwarz, da die Mikrospiegel das Licht beinahe komplett am Objektiv vorbei in den Absorptionsbereich lenken können.
- Durch das Reflexionsprinzip ist die Lichtausbeute sehr hoch.
- Das Flimmern heller Bildteile, das bei der Rollfilmprojektion häufiger auftritt, kann durch die vielen AN- und AUS-Phasen wirksam reduziert werden, ähnlich wie bei 100-Hertz-Fernsehern.
- Durch die schnelle Reaktionszeit der Piezzokristalle ist eine sehr gute Bewegungsdarstellung möglich.

Nachteile:

- Die Mikrospiegel müssen mit etwas Luft dazwischen auf dem Bildwandler angeordnet werden. Dadurch sind unter Umständen die einzelnen Bildpunkte, bzw. das Pixelraster sichtbar (Pixel Visibility).

- Es kann mit zunehmendem Alter des Projektors zu Ermüdungsbrüchen bei einzelnen Mikrospiegeln kommen, was im ungünstigsten Fall zu permanent leuchtenden Bildpunkten führt.
- Die Monopolstellung für DMD-Displays von Texas Instruments verhindert Wettbewerb. Dadurch sind die Projektorkosten relativ hoch und die Weiterentwicklung wird gebremst. Der Panasonic Projektor schlägt derzeit inkl. Optik mit 62.000,- € zu Buche.
- Derzeit sind Auflösungen bis maximal 2K erreichbar.

4.1.2 D-ILA- und SXRD-Projektoren

D-ILA-Projektoren von JVC und die seit Anfang 2005 erhältlichen SXRD-Projektoren von Sony basieren auf der aus dem Heimkino bekannten LCD-Technologie (Liquid Crystal Displays). Alle drei Systeme arbeiten mit Flüssigkristalldisplays mit länglichen Kristallen, die durch Spannungsänderung ihren Winkel verändern. Trifft nun ein Lichtstrahl auf einen Kristall auf, entscheidet der Winkel darüber, ob und wie stark das Licht durch das Projektorobjektiv auf die Leinwand fällt.

Bei LCD-Projektoren fällt das Licht der Projektorlampe direkt durch den Bildwandler auf die Leinwand. Man kann sich das ähnlich vorstellen wie ein Dia, durch das das Licht geworfen wird. Das LCD-System hat mehrere Nachteile: Da das Display etwa 75% des Lichts der Projektorlampe absorbiert, wird es sehr heiß und die Lichtausbeute ist sehr gering. Das führt dazu, dass sich der Projektor relativ nah an der Leinwand befinden muss. Die Darstellung von Schwärzen ist sehr schlecht, da die Kristalle nicht hundertprozentig schließen und das so entstehende Streulicht die dunklen Bildanteile aufweicht. Zudem ergibt sich eine Pixel Visibility, da die einzelnen Pixel voneinander getrennt werden müssen, damit sie sich gegenseitig nicht elektrisch beeinflussen können. Bis vor wenigen Jahren war die Reaktionszeit der Flüssigkristalle außerdem zu lang, sodass die Bewegungsdarstellung bei schnellen Bildwechseln deutlich beeinträchtigt wurde.

Auch D-ILA- und SXRD-Projektoren arbeiten wie DLP-Projektoren mit drei Flüssigkristalldisplays mit additiven Grundfarben, die mit einem Strahlenteilerprisma in einem festen Block gefertigt werden. Allerdings gibt es deutliche Unterschiede: Die Displays sind nicht lichtdurchlässig, sondern reflektieren das Licht in das Objektiv. Die Flüssigkristallschicht und eine dahinter befindliche lichtempfindliche Komponente ergeben eine durchgängige Schicht. Dadurch tritt bei diesem System keine Pixel-Visibility auf. Die Adressierung der einzelnen Pixel wird bei diesen Systemen durch einen CMOS-Baustein erfüllt.

Vorteile (ich beziehe mich auf den seit Herbst 2006 erhältlichen SXRD D-Cinema-Projektor SRX-R110):

- Der Kontrast wird bei dem neuen D-Cinema-Projektor SRX-R110 von Sony mit „größer als 1800:1“ angegeben, unabhängige Tester messen ihn sogar mit 2000:1. Auch dieses Gerät hat eine integrierte Auto-Iris. So soll ein maximaler Kontrast von 15.000:1 erreicht werden. Im traditionellen Kino wird bei der Rollfilmprojektion selten mehr als 1000:1 erreicht.

- Das Licht wird zu 100% reflektiert. Dadurch kann die Entfernung zur Leinwand sehr groß sein.
- sehr homogene Darstellung der Graustufen bis hin zu tiefen Schwärzen.
- wesentlich größerer Farbraum als PAL
- Auflösungen bis 4K. Der Sony SRX-R110 ist der erste Projektor, der den Spezifikationen des D-Cinema entspricht.

Nachteile

- sehr hohe Kosten: Der SRX-R110 kostet derzeit nackt rund 72.000 €, ein separates Objektiv schlägt mit 20.000 € zu Buche. Allerdings ist es aufgrund fehlender Standards nur sehr bedingt möglich, den Projektor auch mit voller Auflösung zu betreiben, da aufgrund fehlender Anschluss-Standards zurzeit vier 2K-Signale gekoppelt und synchronisiert in den Projektor eingespeist werden müssen. In den Projektor sind vier Slots für Einsteckkarten integriert, die mit verschiedenen Anschlüssen bestückt sind. Diese müssen ebenfalls separat angeschafft werden. Man kann gegenwärtig für die volle 4K-Projektion von Investitionen um die 100.000 € ausgehen.

4.2 Sehgewohnheiten versus „perfektes“ Bild

Sitzt man in dem dunklen Saal und lässt langsam die Vorankündigungen und Kinowerbung hinter sich, kommt immer wieder der lang erwartete Moment, indem sich die Leinwand noch ein Stück weiter öffnet. Nach zwei, drei Vorspännern der beteiligten Produktionsfirmen erscheint das Panorama des ersten Bildes. Das ist jedes Mal wieder etwas Besonderes. Das feine Rauschen des Filmkornes legt einen leicht diffusen Schleier auf die Leinwand, etwa wie der Blick durch eine nicht vollkommen klare Fensterscheibe. Er trennt die Innenwelt des Filmes von der Außenwelt des Zuschauerraumes. Die Kodak-Farbwelt, die kleinen Härchen und Staubkörner, die immer wieder über die Leinwand flimmern, erzeugen ein behagliches und auch gewohntes Gefühl und bieten die Basis, sich auf eine neue Geschichte einzulassen, im besten Fall auch hinein zu fallen in die Welt der Figuren, mit ihnen zu lachen oder zu weinen. Das Ganze hat etwas ritualisiertes.

Zeitsprung. Nun sitzt man in einem Kino mit gigantischer Leinwand und einem Projektor der Superlative in der Vorführrkabine. Man wird erschlagen von einer umwerfenden Schärfe, brillanten Kontrasten, extrem hellen Bildern und kann die Figuren beinahe berühren, so klar liegen sie vor den eigenen Augen. Kein Korn und kein Fussel stört das Bild, auch der Bildstand ist absolut perfekt. Man könnte die Wirkung mit bombastisch bezeichnen.

Meine Gefühle sind zwiespältig. Da ist zum einen das fehlerbehaftete Bild des Rollfilmes, auf das ich mich seit Jahrzehnten freue und zum anderen dieses im Verhältnis perfekte Bild, das mich sehr beeindruckt und doch etwas völlig anderes ist. Es birgt vor allem eine ungeheure Klarheit, zeigt jedes Detail und erinnert doch mehr an die teuren Hochglanz-Plasma-Schirme

in den Kaufhäusern, also an Fernsehbilder, als an die Sehgewohnheiten, die durch das Kino geprägt wurden.

Es ist in etwa so, wie zu Zeiten des Übergangs von der klassischen Vinylschallplatte als Tonträger zur digitalen Compact Disc. Der analogen Technik haftete ein deutliches Grundrauschen an, aber auch ein sehr runder Klang, eine Wärme und große Toleranz an den hörbaren Grenzen. Vor allem waren von der neuen Technik die Hörgewohnheiten des Auditoriums betroffen und galten zunächst als Hindernis für den Umstieg. In relativ kurzer Übergangszeit wurde die Vinylplatte jedoch abgelöst, weil die Vorteile der CD in ihrer Kompaktheit und der technisch klaren Tonwiedergabe für den Konsumenten deutlich schwerer wogen.

Auch in der digitalen Kinoprojektion ist davon auszugehen, dass die neue Bilderscheingung bei Verfügbarkeit relativ schnell das analoge Medium ablöst und für den gemeinen Zuschauer einen echten Mehrwert bedeutet. „Vom Arkadia-Kino in Mailand wird berichtet, dass die Zuschauer Anreisen von mehreren hundert Kilometern auf sich nehmen, um sich ein solches Erlebnis zu gönnen...“ (Dietrich Westerkamp, 2003). Damit wird im Prinzip die traditionelle Linie, die das Hollywood-Kino seit je her mit dem Jahrmarktkino des vorletzten Jahrhunderts verbindet fortgesetzt, denn in seinem Mittelpunkt steht nach wie vor die Attraktion. Im Grunde genommen begründete sie sich nie in der Qualität ihrer Geschichten selbst, also dem eigentlichen Inhalt, sondern immer in ihrer äußeren Erscheinung, in Form von herausragender technischer Qualität, Größe und Effekt.

Neben dem Vorteil der Bildqualität digitaler Projektion liegt ein weiterer in seiner Beständigkeit. Nach der tausendsten Vorführung wirkt das Bild noch genauso jungfräulich, wie bei der ersten Aufführung. „Verschleiß“ und „Farbveränderungen“ durch die heiße Projektorlampe sind im digitalen Kino Fremdwörter. Von allen Komponenten der digitalen Kette scheint mir die Projektortechnik noch die ausgereifteste zu sein, doch das lassen sich die Hersteller auch teuer bezahlen.

4.3 Konzept des digitalen Kinos

Im traditionellen Kino wird der fertige Film im Kopierwerk vervielfältigt und die schweren Filmrollen per Kurier an die einzelnen Kinos verteilt. Wenn das Mastering nun digital erfolgt, ist das Resultat eine große Datei, das so genannte „Digital Source Master“, das auf einem Massenspeicher zur Verfügung steht. Aufgrund der hohen Qualitätsansprüche ist die damit verbundene Datenmenge so groß, dass sie für die Kinoauswertung komprimiert werden muss. Dies geschieht, wie auch die Konvertierung in entsprechende Formate anderer Nutzungsformen wie (HD-)DVD oder Video-on-Demand, in „Play-Out-Centern“, praktisch digitalen Kopierwerken. Da weltweit verschiedene Gruppen an diversen Datenreduzierungsverfahren arbeiten, ist aufgrund verschiedener Interessenslagen ein einziger Standard unwahrscheinlich (vgl. 4.4). DCI-Konventionen legen den JPEG-2000-Standard fest, der eine variable Auflösung ermöglicht, die derzeitigen europäischen Kinos arbeiten derzeit allerdings zum großen Teil mit dem MPEG2-Standard der Windows-Media-9-Reihe.

Um zu verhindern, dass die Datei von Filmpiraten missbraucht, das heißt aus der Wertschöpfungskette gezogen werden kann, wird sie verschlüsselt. Diesem Prozess (auch Encryption genannt) wird immense Bedeutung beigemessen. In ihren Statuten hat die DCI ein umfassendes Programm dazu entwickelt, das von Microsoft's Digital Rights Management

(DRM) aufgegriffen und eingebunden wurde. Es ermöglicht den Rechteinhabern, die Kontrolle über ihre Filme auch nach der (digitalen) Auslieferung an die Kinos zu behalten. DRM-Systeme verknüpfen mit einer Lizenz bestimmte Einschränkungen und Anforderungen mit einer Mediendatei. Diese können unter anderem umfassen:

- Zeitraum, für den die Lizenz gültig ist
- Zeitfenster, in dem die Lizenz gilt (z. B. nur Spätvorstellungen)
- Räumlichkeiten, in der die Lizenz gültig ist (z. B. bestimmtes Kino oder Saalgröße)
- Abspielqualität
- Anzahl der Wiederholungen
- Verpflichtung, den ganzen Inhalt zu zeigen, also keine Teile zu überspringen (z. B. Abspann)
- Technik, für die die Lizenz gültig ist (z. B. Produktionscomputer oder Projektorart)
- Sicherheitsstandards der Technik (z. B. Möglichkeiten Wasserzeichen zu vergeben)
- Verpflichtung zur Angabe der Abspieldaten (z. B. Titel, Uhrzeit, Ort)
- Lizenzkosten (z. B. abzuführende Prozente an die FFA)

Zusätzlich zu den DRM-Maßnahmen ist auch eine Kennzeichnung mittels digitalem Wasserzeichen sehr wahrscheinlich, mit dessen Entwicklung das Fraunhofer Institut von der DCI beauftragt wurde. Dabei können Copyright-Informationen unsichtbar in das Bild eingebettet werden. Diese bleiben dann auch beim Konvertieren in andere Formate oder beim Abfilmen enthalten. Die Copyright-Informationen können von Sicherheitsbeauftragten mit spezieller Software wieder ausgelesen werden und so Informationen wie zum Beispiel den Namen des Kinos, das Datum der Aufführung und den Kinosaal aufdecken. Wenn ein Besucher seine Kinokarten für diesen Film mit der Kreditkarte bezahlt, kann er als Verdächtiger ermittelt werden, falls der Film in Tauschbörsen auftaucht. Meiner Ansicht nach spiegelt dieses Verfahren schon eine fast paranoide Haltung der großen Majors wieder.

Zurück zum digitalen „Roll-out“. Der fertig encodierte und encryptete Film, er heißt nun „Digital Cinema Distribution Master (DCDM)“ muss nun auf geeignetem Wege in die Kinos gelangen. Dazu gibt es verschiedene Wege. Derzeit werden die in den Play-Out-Centern erstellten Filme meistens auf Festplatte per Kurier zum Kino gebracht und auf den dortigen Server kopiert. Zukünftig werden die Daten mittels geeigneter Breitbandleitungen (wie DSL25) oder per Satellit an ihren Zielort übertragen. Gemeinsam ist allen Systemen, dass sie nicht echtzeitfähig sind, da lediglich ein einmaliger Transfer eines großen Datensatzes stattfindet. Für die Nutzung alternativer Inhalte wird die Echtzeitfähigkeit aber noch ein großes Thema werden.

Bei einer Kinovorstellung wird nun per einfachem Drag-and-Drop ein Ablauf mit diversen Werbungen, Filmankündigungen und Hauptfilm zusammengestellt. Per Mausklick wird die Wiedergabe gestartet, der Datensatz wird mit dem vom Rechteinhaber zur Verfügung gestellten Schlüssel decodiert und über den digitalen Projektor auf die Leinwand projiziert. Der gesamte Prozess wird von einem Kontrollsystem (audience management system) überwacht. Vom Konzept her soll der gesamte Verarbeitungsweg so transparent sein, als ob der Film direkt vom Mastering auf den Projektor gelangt. Auch die Abrechnung des Verleihers mit dem Kinobetreiber wird über dieses System abgewickelt.

4.4 Wer ist digitales Kino?

Durch die Entwicklung des digitalen Kinos kommt es zu einem Zusammenspiel verschiedener Branchen, die nur bedingt die gleiche Sprache sprechen. An dieser Stelle soll der Reihe nach geklärt werden, welche Interessensgruppen am digitalen Kino beteiligt sind und welche Vorteile sie sich durch dessen Einführung versprechen, bzw. welche Befürchtungen bestehen. Zudem werden mögliche Lösungsansätze erläutert, die vor allem die Finanzierung des digitalen Wandels betrifft.

4.4.1 Filmhersteller

Die Digitalisierung des Schnitts hat zur Folge, dass der fertige Film in den meisten Fällen ohnehin digital vorliegt. Um den Kinos die Möglichkeit zum Abspielen zu geben, ist eine Ausbelichtung auf Rollfilm notwendig, für kleine Produktionen häufig nicht finanzierbar. Der Weg der digitalen Kinokette birgt für die großen Produktionen langfristig den Vorteil, diese Kosten zu sparen und ermöglicht kleineren Produktionen auch heute schon vermehrt, ihre Filme ins Kino zu bringen. Auch Dokumentarfilme haben durch digitale Vorführungsmöglichkeiten deutlich gesteigertes Potenzial, das Kinopublikum zu erreichen. Die Majors haben vor allem deshalb allgemeine Standards durchgesetzt, um Wettbewerb bei den Geräteherstellern zu erzeugen, der damit zu kostengünstigeren Geräten führt.

4.4.2 Filmverleiher / Werbefirmen

Heute müssen Filmverleiher große Summen für die Kinokopien aufwenden. Zwischen 1100 und 1500 € kostet eine solche. Es wird geschätzt, dass alleine das Herstellen und Verschicken der herkömmlichen Filmkopien einen Betrag von jährlich weit über 600 Millionen Euro ausmacht. Diese Summe wird zum großen Teil die großen Studios und die Verleiher betreffen, so dass hier von der Kostenlage her die Interessenslage klar sein dürfte.

Aus der Sicht des einzelnen Verleihs spart der nicht nur die Materialkosten für die Kopien- und Trailerherstellung. Die Kosten für die herkömmlichen Filmlager entfallen aufgrund der Play-Out-Center als Lagerstätte ebenso, wie die Transportkosten für die Kurierere.

In der Filmdistribution wird es Vereinfachungen geben. Da die bisherige Mengenbeschränkung durch hohe Materialkosten der Filmkopien wegfällt, wird die Disposition flexibler. Das Kopieren „nachziehen“ ist vereinfacht, die bisherige Abhängigkeit von der Verfügbarkeit des Internegativs entfällt.

Doch genau hier liegt auch der größte Nachteil. Es wird eine noch größere Konzentration auf den Start der Blockbuster geben. Dadurch, dass die Kinos mit dem digitalen Material viel flexibler arbeiten können, wird es in Zukunft leichter sein, einen erfolgreichen Film kurzfristig in mehr als einem Kinosaal vorzuführen.

4.4.3 Gerätehersteller

Die Hersteller versprechen sich natürlich einen neuen Markt für ihre Geräte und bei weltweit geschätzten 140.000 Leinwänden besteht auch jeder Grund dazu. Dabei sind die Interessen

uneinheitlich; Firmen, wie T-Systems, Boeing oder Technicolor, die sich schon seit längerem um das Thema D-Cinema kümmern und bereits komplette Systeme anbieten, haben weniger Interesse an einer Standardisierung, als solche, die nur ein Glied in der Kette anbieten wollen, beispielsweise nur Kinosever oder nur Projektoren.

4.4.4 Telekommunikationsbranche / Filmspediteure

Auf lange Sicht wird der Transfer der Filmkopien oder Festplatten nicht mehr über Spediteure erfolgen. Sie werden von Internet Providern, Kabel- und Satellitenbetreibern abgelöst. Die T-Systems hat bereits eine funktionstüchtige Kinokette nach 2K-DCI-Standards entwickelt und bietet den Service der digitalen Satellitenübertragung in Kooperation mit SES ASTRA bereits an.

4.4.5 Kinobetreiber

Die Betreiber der Kinos sehen die Umstellung auf die Digitalprojektion durchaus mit gemischten Gefühlen. In Anbetracht dessen, dass sie oftmals noch heute damit beschäftigt sind, die Umrüstung auf die Dolby-Digital-Anlagen abzustottern, steht der digitale Umbau mit Kosten zwischen 80.000 und 160.000 € pro Leinwand im DCI-Standard zumeist außer Frage. Die Möglichkeit, Verleiher und die Majors in die Zahlungspflicht zu nehmen, geht mit der Gefahr einher, die Unabhängigkeit zu verlieren, da nur wenige Filmproduktionen außerhalb des Mainstreams genügend Publikum ins Kino ziehen, um die Ausgaben für solche Technik wieder einzuspielen. Mainstream bietet, wie der Name schon sagt, deutlich größeres Umsatzpotenzial, das für die Refinanzierung notwendig ist.

Eine weitere Finanzierungsmöglichkeit bietet XDC. Das deutsche Unternehmen hat in Europa mittlerweile 296 Leinwände (Stand: 01/07) mit digitaler 2K-Technik ausgerüstet (unter anderem alle österreichischen) und ist zugleich Play-Out-Center. Es bietet den Kinos eine Art Leasing-, Service- und Update-Vertrag an, der den Kinobetreibern die Möglichkeit verschafft, die Geräte nach Ablauf von fünf Jahren (in diesem Zeitraum sollte sich die Finanzierung dem Plan nach amortisiert haben) zu vergünstigten Konditionen zu erwerben. Allerdings liegen derzeit noch keine Erfahrungen vor, wie lang ein solcher Projektor tatsächlich funktioniert und auch die Gewissheit, dass zukünftige Entwicklungen zu weiteren Investitionen führen, birgt die Gefahr des finanziellen Ruins. In der Zwickmühle stehen vor allem Kinobetriebe mit geringem potenziellem Publikum. In Deutschland etwa sind 18 Prozent der Kinos in Kleinstädten mit unter 20.000 Einwohnern angesiedelt. Diese sind schon heute gezwungen, fast ausschließlich Blockbuster zu spielen. Da die Lizenzen zur Bespielung mit Hollywoodfilmen an die Mindeststandards der DCI geknüpft sind, können die immensen Ausgaben für den Umbau existenzbedrohlich werden. Dazu kommt die Belastung eines erhöhten Aufwandes durch jahrelangen parallelen Betrieb beider Technologien.

Das legt für die zukünftige Entwicklung folgendes Szenario nahe: Große Leinwände, wie sie primär in Megaplexx-Kinos zu finden sind, benötigen die beste Projektionstechnik in D-Cinema-Qualität, also mindestens 2K. Da diese Leinwände ohnehin zumeist mit Blockbustern bespielt werden, ist die Rentabilität vermutlich gewährleistet. Befürchtet wird, dass die Programmvielfalt in den Kinos weiter eingeschränkt wird, da sich nur die wenigsten unabhängig produzierten Filme an der Kinokasse auszahlen. Infolgedessen bleibt das ohnedies hauptsächlich in großen Kinos gespielte Programm, eben Blockbuster, erhalten und

wird per Mausklick auf den Nebensaal umgelegt, falls der Film genügend Zuschauer findet. Auch wenn das Hollywoodkino verschiedene Phasen betreffs der Inhalte folgt, wird es immer versuchen, den Geschmack der Masse zu treffen. Revolutionäre Veränderungen sind also im mit ihm verknüpften D-Cinema nicht zu erwarten.

Für kleine und mittlere Kinos ist die Umstellung auf 2K- oder gar 4K-Projektoren nicht nur unbezahlbar, sondern auch nicht notwendig, da für dieselbe Bildqualität auf einer kleinen Leinwand auch nur eine geringere Auflösung erforderlich ist. Zwischen High-End-Projektoren und HD-Geräten liegen preislich Welten. So ist anzunehmen, dass derartige Betriebe auf E-Cinema umsteigen werden oder bereits umgestiegen sind. Es entsteht faktisch ein qualitätsmäßiges Zwei-Klassen-Kino. Das hat nicht nur Nachteile, sondern birgt die Chance, durch eben außergewöhnliches Programm und neue Initiativen neue Kundenkreise zu gewinnen. In Europa gibt es dazu diverse Projekte. Ein erfolgreiches soll hier kurz vorgestellt werden.

Seit 2003 entwickelte etwa der Berliner Filmverleih Salzgeber mit sieben europäischen Partnern (allesamt Verleiher) ein Konzept zur Einführung der Digitaltechnik im Wesentlichen für Programmkinos. Der primäre Grund dafür lag in der zunehmenden Schwierigkeit für kleine Verleiher, die Kosten für Kopien, Transport und Programmierung in Einklang zum Umsatz an den Kinokassen zu bringen. So schlossen sich Salzgeber (Deutschland), NovoCiné (Frankreich), Cinema Delicatessen (Niederlande), DocuZone (Österreich), DocSpace (Schottland), Parallel 40 (Spanien) und die slowakischen Verleiher WN-Films und Digital Cinema Clubs zum *CinemaNet Europe* zusammen, um vorrangig Dokumentarfilmprogramm in die Kinos zu bringen. Es wird „unter dem Label *European DocuZone* veröffentlicht [...], denn gerade hier finden wir in Europa eine Vielzahl von Produkten von außerordentlich hoher Qualität, die zum Teil gar nicht ins Kino gelangen oder lediglich zu später Stunde auf einem TV-Sendeplatz ausgestrahlt werden. In Deutschland wird das digitale Programm als *delicatessen Kino Kultur digital* präsentiert, das neben der *European DocuZone* auch weitere Genres anbieten wird (Björn Koll, Geschäftsführer von Salzgeber)“. Seit November 2004 startet jeden zweiten Donnerstag zeitgleich in allen beteiligten Kinos ein neuer Film.

Mittlerweile sind das 170 Lichtspieltheater mit maximal 200 Sitzen mit einheitlicher Technik, bestehend aus Server und DLP-Projektor mit 1,5K-Auflösung. Die finanzielle Belastung der einzelnen Kinos für die Umstellung lag bei nur etwa zehntausend Euro. Den großen Teil, etwa 50.000 €, übernehmen zu verschiedenen Teilen das CinemaNet Europe, Förderprogramme aus Brüssel, mit dem Ziel der Stärkung des europäischen Filmes, Filmförderungen, gegebenenfalls die Gemeinden und die deutsche Telekom. Verantwortlich für die Umsetzung war das Berliner Unternehmen Digital-Cinema-Services, das gleichzeitig als Play-Out-Center dient.

Die Vorteile für die Kinobetreiber liegen in schneller und flexibler Filmprogrammierung, der Wahl von diversen Untertiteln oder, falls vorhanden, diverser Synchronisationen auf Knopfdruck und einer Filmauswahl jenseits des üblichen Mainstreams. Interessant ist auch das Mitspracherecht der einzelnen Kinos für den gemeinsamen Kinostart, sowie die generelle Offenheit von CinemaNet Europe gegenüber anderen Filmverleihern, die auf die vorhandene Infrastruktur zurückgreifen können und sollen. Außerhalb der fixen Zeitfenster stellen die Betreiber ihr Programm komplett in Eigenregie zusammen. Alternative Inhalte wie „Klassik im Kino“ oder interaktive Formen wie Live-Videokonferenzen, etwa zwischen den Filmemachern und SchauspielerInnen in Berlin und dem Publikum in einem Wiener Kino, können neues Publikum anziehen. Nach Angaben des Digital-Cinema-Services wird es ab

März 2007 durch ein zusätzliches Update auch möglich sein, auch DCI-konforme Filme zu spielen. Das ermöglicht den Betreibern ein gesundes Nebeneinander von kulturellem Programm und den nötigen Kassenschlagern.

5. Schlusswort - Digitale Revolution?

Ursprünglich wollte ich dieser Arbeit den Titel „Die digitale Revolution im Kino“ geben. Während der Recherchen habe ich allerdings Zweifel bekommen, ob „Revolution“ tatsächlich angebracht ist. Nach Wikipedia bezeichnet die Wortkombination „digitale Revolution“ schlicht „die Umstellung der Massenmedien auf digitale Verarbeitung, Speichermedien und Übertragungsprotokolle“. So weit ist dem nichts entgegenzusetzen; Analoge Kameras werden durch digitale ersetzt und ebenso Schnittplätze, die Speichermedien, die gesamte Distributionstechnik und Abrechnung.

Der Begriff Revolution setzt in der Politologie „die Solidarisierung verschiedener Gruppen, die unterschiedliche Motive haben“ voraus, die „mit dem bestehenden Zustand unzufrieden“ sind „und die sich zum Umsturz der alten Ordnung vorübergehend verbünden“. In unserem Fall könnten das die Elektrogerätehersteller, die großen Filmhersteller und Verleiher sein, die sich durch den Sturz der alten Strukturen folgendes versprechen: Mehr Gewinn und mehr Macht.

Synonyme für Revolution sind Aufstand, Bürgerkrieg, Umsturz, Umwälzung oder Kampf. Allesamt Begriffe, die aggressives Verhalten implizieren. Zieht man nun die Geräteindustrie heran, drängt sie durch massiven Werbeeinsatz zum Kauf der neuen Technologie, allen voran verdoppelte Sony seit 2005 seinen jährlichen Werbeetat auf 200 Millionen US\$. Sie übt dadurch Druck auf Fernsehanstalten und indirekt auch auf die Kinobranche aus... Wenn eine neue Technologie erstmal in aller Munde ist, wird sie sich auch durchsetzen, so die Erfahrung.

Fest steht, das digitale Kino kommt. Die Frage, ob eine solche Umstellung notwendig oder überhaupt sinnvoll ist, sollte gar nicht erst gestellt werden. Liest man die Studie der Filmförderungsanstalt, bekommt man den Eindruck, dass die Kinobranche auf Veränderungen sehr empfindlich reagiert. Durch den Bau der Megaplexx-Kinos und die Akzeptanz des Publikums mussten in Deutschland in den Jahren '97 bis '05 fast die Hälfte (43%) der Kinos mit nur einem Saal ihren Betrieb einstellen. Es ist davon auszugehen, dass ohne starke finanzielle Förderung seitens der öffentlichen Hand für eine Umstellung auf digitale Technik noch weitere kleine Lichtspielhäuser folgen werden. Mit der Zeit verlieren Filmvorführer ebenso wie Kuriere sukzessive ihre Arbeit und was man nicht vergessen darf, wenn kein Filmmaterial mehr benötigt wird, werden auch Filmhersteller und Kopierwerke überflüssig. Auf dieser Grundlage ist eine Umstellung keineswegs sinnvoll. Daher verwundert es, dass der Aufschrei der Betroffenen kaum hörbar ist.

Schaut man hinüber nach Japan, wird deutlich, warum die Hersteller das Wort „Revolution“ gerne benutzen. Der Markt an üblicher Unterhaltungselektronik ist gesättigt. Die Konsumenten sind im Prinzip mit ihren Fernsehgeräten, Camcordern, Computern und Spielekonsolen zufrieden. So kämpft SONY seit einiger Zeit mit einer Stagnation, hat bereits mehrere Werke geschlossen und einige tausend Stellen gestrichen. So ist es die Konsequenz nur logisch, mit lautem Geschrei und aller (Werbe-)macht das Zugpferd HD vorwärts zu treiben, auch wenn der Karren dahinter im Prinzip noch nicht fertig ist.

Ende 2005 waren gerade drei Prozent aller deutschen Leinwände digital umgerüstet. Erst einige Monate zuvor wurden die notwendigen Standards für eine flächendeckende Digitalisierung der Kinos festgelegt, erste Reproduktionsgeräte mit voller 4K-Auflösung erreichen gerade den Markt, zu exorbitanten Preisen, und es gibt noch keine praktikable

Möglichkeit, die Projektoren auch mit der notwendigen Datenmenge zu versorgen. Das digitale Kino befindet sich also kurz gefasst in einem Versuchsstadium. Und dasselbe gilt für die Aufnahmemöglichkeiten. Es wird noch einige Zeit dauern, bis die digitalen Geräte den traditionellen ebenbürtig sind. Es lohnt sich darauf zu warten, damit der nächste Schritt auch vorwärts geht und nicht zurück.

6. Quellenangaben:

- 2.1 - <http://www.pte.at/pte.mc?pte=050727008>, 22.12.2006
- 2.3 - Christoph Hochhäusler, 2004, *Francis Ford Coppolas Vision des Electronic Cinema*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S.49-59
- Mike Christmann, Hans Peter Richter, 2004 *Geschäftsmodelle für ein digitales Kino*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S. 287
- Dietrich Westerkamp, 2004, *Standardisierung für das digitale Kino*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S. 255
- 3.1 - Philipp Hahn, 2005, *Mit High Definition ins digitale Kino*, Schueren Verlag, Marburg, S.14ff
- 3.2.1 - Silke Helmerdig, Martin Scholz, 2006, *Ein Pixel, Zwei Korn - Grundlagen analoger und digitaler Fotografien und ihre Gestaltung*, anabas, Frankfurt a. M, S.8f
- http://www.digitalkamera.de/Tip/Was_ist_eigentlich_Moire_2164.asp, 11.01.2007
- <http://red.com/>, 15.01.2007
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Moir%C3%A9-Effekt>, 22.12.2007
- 3.2.2 - Detlev Möllering, Peter C. Slansky, 1998, *Handbuch der professionellen Videoaufnahme*, S.11
- http://de.wikipedia.org/wiki/Film_%28Foto%29, 03.02.07
- Gisbert Hochgürtel, 2004, *Das digitale Kino*, Schueren Verlag
- Barbara Flückiger, 2003, *Das digitale Kino – Eine Momentaufnahme*, montage/av; Ausgabe 12/1/2003, S.28-54
- 3.2.3 - Philipp Hahn, 2005, *Mit High Definition ins digitale Kino*, Schueren Verlag, Marburg, S. 33
- 3.2.4 - http://de.wikipedia.org/wiki/Film_%28Foto%29, 03.02.2007
- HD-Formatvergleich von Thomas Bresinsky:
http://www.tomimages.com/HD_Formatvergleich/artikel_digital_production.htm, 04.02.2007
- Kontrast Projektoren: <http://www.cine4home.de/>, 04.02.2007
- Produktionsbericht Collateral:
<http://www.theasc.com/magazine/aug04/collateral/page1.html>, 04.02.2007
- 3.2.5 - Peter C. Slansky, 2001, *Quo Vadis, High Definition in Fernseh- und Kinotechnik*; Ausgabe 11/2001, S. 683-686
- 3.2.6 - Bild P+S Adapter: <http://www.pstechnik.de/en/digitalfilm-pro35-converter.php>, 06.02.2007
- 3.2.7 - <http://www.weisscam.com/>, 06.02.2007
- 3.3 - Michael Gööck, 2004, *Sieben Versuche eines Kameramannes, sich dem digitalen Zeitalter zu nähern*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S. 42

- 3.4.1 - Ulrike Koch, 2000, *Mini-DV als Chance für den Dokumentarfilm*,
<http://www.netloungev.de/2003/koch.html>, 08.02.2007
- Photo Sony CCD V 6000 E: Kameramuseum Kurt Tauber, Ortsfelsen 6, D-91257 Pegnitz, Germany
- 3.4.3 - Michael Gööck, 2004, *Sieben Versuche eines Kameramannes, sich dem digitalen Zeitalter zu nähern*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S. 46
- Christian Berger, 2004, *Erfahrungsbericht über die Anwendung von HD für den Spielfilm CACHE von Michael Haneke*
- Bild & techn. Infos: http://www.arri.com/prod/cam/d_20/d_20.htm, 08.02.2007
- Gespräch mit Walter Trauninger, Leiter der Entwicklung von ARRI
- Philipp von Lucke, 2006, *Gewalt und Leidenschaft*, Film & TV Kameramann 12/06, Weber Verlag, München, S.108-115
- http://www.innovations-report.de/html/berichte/kommunikation_medien/bericht-58158.html, 08.02.2007
- 3.5 - Quoten: <http://www.quotenmeter.de/fernsehjahr.php>, 11.02.2007
- Graphik: Eigenerhebung
- Stefan Niggemeier, 30.01.2006 *Das Publikum an der Macht*,
<http://www.faz.net/s/RubCF3AEB154CE64960822FA5429A182360/Doc~E330BCF246904136BE9B82A738BD11B9~ATpl~Ecommon~Scontent.html>, 12.02.2007
- 3.6 - Produktionsbericht Collateral:
<http://www.theasc.com/magazine/aug04/collateral/page1.html>, 04.02.2007
- 4.1 - Peter C. Slansky, 2004, *Film Look versus Elektronik Look – Zur Anmutung des projizierten Bildes*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S.93
- 4.1.1 - DMD-Technik: <http://www.congress-service.de/pdf/mietservice.pdf>, 13.02.2007
- <http://www.dlp.com/>, 13.02.2007
- Peter C. Slansky, 2004, *Projektionsverfahren für das Kino der Zukunft*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S271ff
- Panasonic Proj.: <http://www.projektoren-datenbank.com/pro/anzeigen.php?angabe=panasonicptdw10000>, 13.02.2007
- 4.1.2 - Projektortest: <http://www.cine4home.de/tests/projektoren/Sony4K/SR110.htm>
- http://www.digitalfernsehen.de/news/news_121941.html, 13.02.2007
- 4.2 - Dietrich Westerkamp, 2004, *Standardisierung für das digitale Kino*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S. 259
- DRM: FFA-Studie, 2003,
http://www.filmportal.de/public/pics/IEpics/1c/E5D45FEA782A47F3A2765E9DB81F6EEB_mat_studie_digitales_kino_0309.pdf, 17.02.2007
- Inga von Staden & Beate Hundsdörfer, *Majors planen digital roll-out...*,
http://www.filmfoerderungsanstalt.de/downloads/studie_digitales_kino_0309.pdf
- http://de.wikipedia.org/wiki/Digitales_Kino, 17.02.2007
- 4.4.1 - Dietrich Westerkamp, 2004, *Standardisierung für das digitale Kino*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S.257-259

-
- 4.4.2 - Inga von Staden & Beate Hundsdörfer, *Die digitale Zukunft der Kinobranche*, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz, S.247
- http://www.weischer.net/ww/downloads/WW_Jahresbroschuere_2007.pdf, 18.02.2007
- 4.4.3 - <http://www.t-systems.de/tsi/de/21666/Startseite/PresseAnalysten/PresseCenter/PresseNewsArchiv/PressemeldungDetailseite/2005-10-27-PM-DigitalCinemaKooperation-ASTRA>, 18.02.2007
- 4.4.5 - <http://www.netzwelt.de/forum/internet-digital-lifestyle/36027-news-digitales-kino-deutschland-noch-zoegern-betreiber.html>, 19.02.2007
- <http://www.xdcinema.de/>, 19.02.2007
- Gespräch mit Dirk Cussmann, Leiter XDC-Deutschland
- <http://www.delicatessen.org/links.html>, 19.02.2007
- <http://www.digital-cinema-services.de/cinemaneteurope.html>, 20.02.2007
- Gespräch mit Björn Koll, Geschäftsführer DCS
- <http://www.salzgeber.de/index.php?digi>, 20.02.2007
- <http://www.cinemaneteurope.com/>, 20.02.2007
5. - Eberhard Weis, 1978, *Revolution Politologie: Der Durchbruch des Bürgertums 1776–1847*, Propyläen Geschichte Europas, Bd. 4, Berlin, 96 f.
- http://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Revolution, 22.02.2007
- <http://www.handelsblatt.com/news/printpage.aspx?p=201197&t=ftprint&b=1145812>, 23.02.2007
- http://www.filmfoerderungsanstalt.de/downloads/publikationen/kinosaele_brd_1997_2005.pdf, 23.02.2007
- <http://www.klassik-im-kino.de/>, 23.02.2007
- <http://www.winsoftware.de/news-6605.htm>, 16.02.2007