

Barbara Flückiger

Das digitale Kino: Eine Momentaufnahme. Technische und ästhetische Aspekte der gegenwärtigen digitalen Bilddatenakquisition für die Filmproduktion

2003

<https://doi.org/10.25969/mediarep/147>

Veröffentlichungsversion / published version

Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Flückiger, Barbara: Das digitale Kino: Eine Momentaufnahme. Technische und ästhetische Aspekte der gegenwärtigen digitalen Bilddatenakquisition für die Filmproduktion. In: *montage AV. Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation*, Jg. 12 (2003), Nr. 1, S. 28–54. DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/147>.

Erstmalig hier erschienen / Initial publication here:

https://www.montage-av.de/pdf/121_2003/12_1_Barbara_Flueckiger_Das_digitale_Kino_Eine_Momentaufnahme.pdf

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under a Deposit License (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual, and limited right for using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute, or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the conditions of use stated above.

Barbara Flückiger

Das digitale Kino: Eine Momentaufnahme

Technische und ästhetische Aspekte der gegenwärtigen digitalen Bilddatenakquisition für die Filmproduktion

In Zeiten technischer Umbrüche werden Mythen geboren. Ein solcher Mythos ist das digitale Bild, dem unendliche Reproduzierbarkeit und potenziell unbeschränkte Bearbeitungsmöglichkeiten nachgesagt werden. Diese idealisierten Eigenschaften werden in der Realität durch Rahmenbedingungen beschnitten. Eine Seite dieser Begrenzungen hat ihre Wurzeln im technischen Prozess selber, eine weitere Limitierung liegt in der traditionellen Herkunft des medialen Kontexts, in dem das Bild erscheint. Seit hundert Jahren werden bewegte Bilder durch einen technischen Apparat erfasst (produziert), bearbeitet (postproduziert) und als zeitlich-örtliche Einheit im Kino reproduziert. In diesem Zeitraum hat sich eine Reihe von Regeln entwickelt, die unsere Vorstellung davon, wie Kinobilder zu funktionieren und zu wirken haben, maßgeblich bestimmt haben.

Die folgenden Überlegungen zur Interaktion von technischen Prozessen und ästhetischen Phänomenen sind deshalb als Verortung der digitalen Bilddatenakquisition gegenüber einem Abbildungsmodus mit herkömmlichen kinematographischen Techniken und Ästhetiken konzipiert. Im Wesentlichen präsentiert dieser Text die Ergebnisse eines Forschungsprojekts der schweizerischen „Kommission für Technologie und Innovation“, das von der Hochschule für Gestaltung und Kunst in Zürich in Zusammenarbeit mit den Wirtschaftspartnern Swiss Effects und Sony Overseas SA sowie den Hochschulen Ecole polytechnique fédérale Lausanne und der Universität Basel entstanden ist. Das Verfahren zur digitalen Bilddatenakquisition wurde anhand der Spielfilmproduktion *LITTLE GIRL BLUE* (Produktion: Dschoint Ventschr, Zürich; Regie: Anna Luif; Kamera: Eeva Fleig) getestet.¹

Entsprechend liefern diese Überlegungen ein Zeitbild, eine Gegenwartsanalyse derzeit praktizierter Bildakquisitionsverfahren mit einer der wenigen digitalen Kameras, die bis heute überhaupt den Ansprüchen an eine professionelle Produk-

1 Vgl. dazu auch <http://www.digitaleskino.ch>. Besonderer Dank gebührt den Kollegen Matthias Bürcher, Patrick Lindenmaier und Rudolf Gschwind.

tionsweise genügen, der Sony HDW-F900. Sie liefert Bilder mit 1920x1080 Pixeln und jener Bildfrequenz von 24 Bildern pro Sekunde, die sich im Kino seit den 1920er Jahren etabliert hat. Diese Technik wird HD-24p genannt, weil sie 24 progressiv erfasste Vollbilder in High-Definition-Qualität liefert. Als Galionsfigur des Verfahrens tritt weltweit George Lucas auf, der mit dieser Kamera STAR WARS EPISODE II: ATTACK OF THE CLONES (USA 2002) produziert hat.

Digitale Bilder gibt es seit Jahren. Filme, die mit digitalen Kameras gedreht wurden, gibt es aber erst wenige. Die meisten von ihnen wurden in Standard-Auflösung realisiert und haben bewusst eine Ästhetik gewählt, die sich konventionellen Sehgewohnheiten entgegenstellt, einen rauen, dokumentarisch wirkenden Look mit sehr viel Handkamera, der das Element des Unmittelbaren, Authentischen betont. Das High-Definition-Verfahren ist etwas Drittes. Nicht klassischer Film, nicht reduziertes, schnelles Video, mutet es mit seinen fast transparent wirkenden Bildern ungewohnt hyperrealistisch an.

Pixel vs. Korn

Seit Beginn ihrer Entwicklung sind die technischen Bildaufzeichnungsverfahren dem menschlichen Auge nachgebildet. Das reflektierte Licht der Welt vor der Kamera wird durch eine Linse gebündelt und auf eine kleine Projektionsfläche geworfen, die photosensitiv ist. Mit dieser mechanischen Analogie erschöpfen sich jedoch die Parallelen.

Die physikalisch-chemischen oder mathematischen Prozesse, die der Bildaufzeichnung zugrunde liegen, entfalten ihre Wirkung erst dort, wo sie auf den menschlichen Geist treffen.

Im traditionellen Filmbild basiert der Code auf dem Korn, im digitalen Prozess auf dem Pixel. Die erste Frage muss also den Unterschieden zwischen Korn und Pixel gelten. Während die Position des Kornes innerhalb eines von Zufällen bestimmten Rahmens im Bild tanzt, ist die Lage des einzelnen Pixels fest definiert. Die oft als kalt beschriebene Anmutung des digitalen Bildes hat ihren Ursprung in diesem Unterschied. Den Bildern fehlen die gewohnten Störungen, die das Wahrnehmungssystem füttern und mit Adaptationsaufgaben auf der Mikroebene beschäftigen, die zum lebendigen Eindruck des Filmbildes führen. Sie wirken sehr perfekt und werden als unbelebt und steril qualifiziert. Das digitale Bild trage die Züge des technischen Apparats auf der Oberfläche und mache sie in einer Weise bewusst, die der Aufgabe des Kinos, Illusionen zu erzeugen, abträglich sei, so der Einwand. Ein annähernd perfekter Bildstand verstärkt diesen Eindruck zusätzlich.

Während die Körner der Films in einer chaotischen Art und Weise in die Emulsion eingelagert sind, sind die Pixel des digitalen Bilds einem starren Raster unterworfen, das durch die geometrische, horizontal und vertikal ausgerichtete Struktur des Bildsensors (*charge coupled device CCD*) selbst gegeben ist. Die Pixel erzeugen Flächen, die – wie Flusser (1985, 26) richtig bemerkt – „voller Intervalle sind, rasterartige Flächen“. Zwischen den Körnern der Filmemulsion entstehen diese Raster nicht. In modernen Farbfilmen sind pro Farbkanal (rot, grün, blau) bis zu drei Schichtverbände mit je unterschiedlichen Empfindlichkeiten, also auch unterschiedlichen Korngrößen vorhanden (Anklin-Mühlemann/Gschwind 2001, 43). Zwischen den Farbschichten befinden sich Filter, welche die Schichten physikalisch voneinander trennen. Jede Farbschicht reagiert individuell auf die auftreffende Lichtenergie. Die heutigen T-förmigen Körner (*T-grains*) greifen wie zufällig ineinander und erzeugen so homogen wirkende Farbwolken unterschiedlicher Dichte. Durch die verschiedenartigen Aspekte, die bei der Erzeugung des Bildes zusammentreffen, kommen sowohl statistisch ausgleichende Prozesse als auch spezifische Abweichungen zustande, die von Bild zu Bild zu internen Schwankungen führen.

Der Bildsensor jedoch berechnet seine Ausgangsdaten nach festen mathematischen Prinzipien. Die Sony HD-Cam arbeitet mit der 3-Chip-Technologie, nimmt also die drei Farbkanäle Rot, Grün und Blau durch ein Prismenteilersystem getrennt auf.² Jeder Pixel der 3 CCDs ist mit einer Mikrolinse ausgestattet, damit jene Teile des Bildes, die in die Zone zwischen den einzelnen Sensoren fallen würden, auch bildwirksam werden. Die auftreffende Lichtenergie wird als elektrische Spannung in Zeitintervallen analog-digital gewandelt. Es entstehen somit Durchschnittswerte, die in digitale Codes bestehend aus 0 und 1 umgerechnet werden, bei 24p also im Takt von einer 24stel Sekunde. Diese Frequenz unterwandert die zeitliche Auflösungsfähigkeit des menschlichen Wahrnehmungssystems deutlich, die für das Sehen bei 20 ms angesetzt wird. Wegen dieser Auflösungsfähigkeit sorgt eine Flügelblende im Kinoprojektor dafür, dass jedes Bild zweimal projiziert wird, damit die Bilder kontinuierlich erscheinen und das effektiv vorhandene Flickern nicht wahrzunehmen ist. Wie der Regisseur Philip Gröning anmerkt, der *DIE GROSSE STILLE* (D 2002), einen Dokumentarfilm über ein Kloster, in HD-24p-Technik gedreht hat, bewirkt das digitale Material eine andere, statischer wirkende Zeitempfindung bei der Rezeption, den Eindruck einer Zeitlosigkeit (Gröning 2002). Diese Zeitempfindung bewirkt aber auch eine andere Transparenz des Mediums. Durch das

2 Zu den Konsequenzen, die diese Anordnung auf das Farbverhalten haben, werde ich mich im Abschnitt über Farbe äußern.

tanzende Korn wird der traditionelle Film in gewisser Weise markiert. Es macht den Aufzeichnungsvorgang als solchen sichtbar. Der Rezipient erkennt über diese Markierung, dass das Medium ihm die Spur einer vergangenen Wirklichkeit präsentiert. Gröning leitet aus der Differenz der beiden Repräsentationsverfahren eine andere Form des Realismus ab und fragt sich, ob sich das digitale Bild mit seinem höheren Realitätseffekt überhaupt für die Darstellung von Fiktion eigne. Entsprechend ist es aus Grönings Sicht kein Zufall, dass Bill Viola seine Installation *Going Forth by Day* (2002) auf digitalem High-Definition-Material drehte. In dieser Installation thematisiert Viola in symbolisch vertiefter und mythologisch angereicherter Form den Verlauf des Lebens in einem Freskenzyklus von fünf simultan ablaufenden Videotableaux, die direkt auf die Galeriewände projiziert werden. Auch Thomas Repp, der den Kurzfilm *DIE AUGENFALLE* (D 2002) gleichzeitig auf 35-mm-Material und auf HD 24p gedreht hat, spricht der klaren Ästhetik des digitalen Bildes einen überhöhten Realismuseffekt zu, der sich kontraproduktiv auf die imaginäre Kraft der Fiktion auswirke. Anna Luif hingegen, die Regisseurin von *LITTLE GIRL BLUE*, war von der transparenten Wirkung des Mediums begeistert: „Es ist, als ob die Luft stehen bliebe.“ Diese Stasis des digitalen Bildes entsprach nach ihrem Empfinden genau der emotionalen Atmosphäre der durchschnittlichen Schweizer Agglomerationssiedlung, dem Schauplatz ihres Films.

Die wahrgenommene Härte des digitalen Bildes hat aber noch einen anderen Grund.³ In der Filmemulsion verteilt sich die Lichtenergie isotrop in alle Richtungen, im digitalen Bildsensor hingegen anisotrop nur vertikal und horizontal. Darüber hinaus führen die Silberbromidkristalle in den verschiedenen farbsensitiven Schichten der Filmemulsion zu einer Streuung des Lichts, die sich wie eine minimale Weichzeichnung auswirkt. Den Pixelsensor des CCD hingegen kann man sich wie ein Gefäß vorstellen, in dem sich die auftreffende Energie ansammelt, bis sie im Takt der Bildfrequenz geleert und an die Speichersensoren abgegeben wird. Es findet keinerlei Diffusion statt. Slansky (2002) schlägt deshalb vor, den Bildsensor entweder mit Dreiecken oder Sechsecken zu rasteren, um die Auflösung in drei Achsen zu optimieren. Eine weitere Form der Schwankung, die unsere Kinowahrnehmung konditioniert hat, liegt in den mechanischen Toleranzen des Projektors begründet. Diese Toleranzen führen zu einem minimalen Bildstandfehler, das Bild bewegt sich leicht vertikal auf und ab. Dieser Bildstandfehler fällt bei digitaler Projektion vollständig weg und spitzt die wahrgenommene Schärfe und Klarheit des Bildes weiter zu.

3 Hier folge ich einem Gedanken Slanskys (2002).

Schon werden Prozesse entworfen, die den „Filmlook“ synthetisch herstellen, mit dem Ziel, das digitale Bild durch die Schönheit des Zufalls aufzuwerten. An allen Ecken und Enden versucht man, die Schwankungen des photochemischen Prozesses dem digitalen Verfahren zu überlagern, um die kühle Perfektion zu maskieren und sie dem menschlichen Bewusstsein zu entziehen.

Zwar soll der Zuschauer in der Differenzqualität des digitalen Bildes jenes virtuose Moment erkennen, durch das sich technische Neuentwicklungen üblicherweise legitimieren. Dieses virtuose Moment der digitalen Bildakquisition wird jedoch kaum durch ästhetische Parameter beschrieben. Vielmehr sind es ökonomische Faktoren, die ins Feld geführt werden, um den Umbruch als notwendig und sinnvoll erscheinen zu lassen. Genannt werden insbesondere die Aspekte der generellen und sofortigen Verfügbarkeit, der Transmission und Diffusion der Bilddaten. Solche Argumentationsweisen werden auch beigezogen, um den Umbruch vom traditionellen zum digitalen Fotoapparat auf dem Consumermarkt zu motivieren. Es sind praktische Argumente, die besonders dort greifen, wo es – wie im Fall der Fotoamateure – nicht in erster Linie um eine ambitionierte Gestaltung des Bildmaterials geht, sondern um das Sammeln von Bildern als Spuren eines individuellen Lebens, dessen Momente eingefroren und mit anderen geteilt werden sollen. Unter dem Stichwort „Konvergenz der Medien“ wird das digitale Bild in ein Ökosystem aus unterschiedlichen Träger- und Distributionsverfahren eingebunden, wo es sich nahtlos ins Internet, in Computerspiele oder DVDs integriert.

Auflösung / Schärfe

Die Auflösungskapazität von digitalen Prozessen ist derzeit Gegenstand hitziger Debatten. Im Consumerbereich wird die Auflösung der CCDs sogar zum Qualitätskriterium schlechthin stilisiert, das den Kaufentscheid maßgeblich beeinflusst.

Tatsächlich ist die Frage nach dem Auflösungsverhalten eines Bildmediums in der Theorie und in der Praxis wesentlich komplexer. Sie wird auch im Falle des High-Definition-Formats nicht allein durch den Zahlenwert von 1920x1080 Pixeln definiert. Um verschiedene Medien miteinander vergleichen zu können, muss man die ganze Abbildungskette berücksichtigen.

Für die digitalen Bilddatenakquisition und -wiedergabe sind dies:

- die Optik
- der CCD / die CCDs
- das Speichermedium
- die Datenwandlungen im Postproduktionsprozess

- das Wiedergabesystem.

In der traditionellen Filmproduktion ist kein Wandler wie der CCD nötig. Jenes Element der Abbildungskette, das die Lichtwellen in eine bildwirksame Energieform überträgt, und das Speichermedium sind gleichermaßen in der Filmemulsion vereint. Derzeit sind aber hybride Produktionsformen weit verbreitet, in denen die Bilddaten zwar analog auf Film aufgezeichnet, danach direkt ab Negativ in einem Scanningprozess abgetastet und in digitale Informationen überführt werden. Bei großen Produktionen, die eine Reihe von Trickbearbeitungen oder punktgenaue Farb-Lichtbestimmungen (*spot color correction*) benötigen, sind solche Mischformen die Regel. In der Diskussion um das Auflösungsverhalten der verschiedenen Materialien muss man jedoch berücksichtigen, dass in Europa – insbesondere in knapp budgetierten Produktionen – aus ökonomischen Gründen häufig auf Super-16 gedreht wird. Der Vergleich mit 35-mm-Material ist deshalb nur bedingt angebracht.

Das Bildfeld der 2/3-Zoll CCDs, die derzeit in der HD-Aufnahme verwendet werden, entspricht ungefähr demjenigen von Super-16. An die Optiken werden entsprechend sehr hohe Anforderungen gestellt. Ihr Auflösungsverhalten muss um einen Faktor 2.4 besser sein als jenes herkömmlicher 35-mm-Objektive. Sogenannte *Prime Lenses*, die von Fuji oder von Zeiss hergestellt werden, erfüllen diese Anforderungen annähernd, sind aber aufgrund der extrem hohen Anforderungen an die Güte sehr kostenintensiv in der Herstellung.

Mit einer Bildinformation von theoretisch 1920 x 1080 Pixeln, die vom Sensor erfasst werden, ist HD modernen 35-mm-Emulsionen deutlich unterlegen, von denen Kodak behauptet, dass nur eine Abtastauflösung von 4k (4096 x 3112 Pixel) alle bildrelevanten Nuancen des Bildnegativs adäquat erfassen kann, vor allem dort, wo Totalen oder andere Bildinhalte mit feinen Strukturen transformiert werden sollen (Henneke, in: Gööck 2002, 363). Diese technischen Informationen sind – wie oben dargestellt – jedoch nur ein Teil der effektiv wirksamen Auflösung. Sie beschreiben lediglich, mit welchen Maximalinformationen ein System sozusagen an den Start eines Abbildungsverfahrens geht.

Das Auflösungsverhalten von Optiken und Abbildungsmedium wird empirisch ermittelt, indem man ein vertikal ausgerichtetes Muster von schwarzen und weißen Linien aufzeichnet und anschließend misst, mit welchem Kontrast die einzelnen Linien im Material noch gezeichnet werden. Die dabei ermittelte Modulations-Transfer-Funktion MTF lässt sich mit den Dimensionen Linien-Paaren pro Millimeter (lp/mm) und Kontrast in Prozent beschreiben. In einem solchen Vergleich schneidet HD-24p gegenüber 35mm nur geringfügig

schlechter ab. Für HD wird eine MTF von 74 lp/mm bei 40% angegeben (Hochgürtel 2001, 6), für Eastman EXR 50D 90 lp/mm bei 50%. Vergleicht man das HD-Material, dessen Empfindlichkeit mit 250 ASA angegeben wird, mit einem ähnlich empfindlichen Filmmaterial, wie beispielsweise dem Kodak Vision 250D, ist der Unterschied nicht mehr signifikant.

Was bedeuten diese technischen Parameter für die Ästhetik des Bildes? Wie wirken sie sich auf die Produktionspraxis aus?

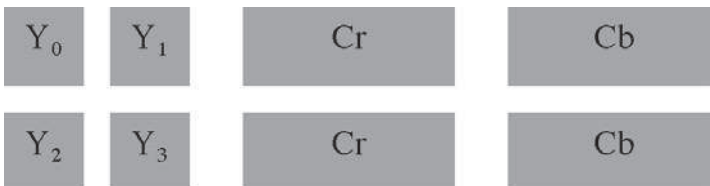
Der Effekt ist merkwürdig; klare Gesetzmäßigkeiten lassen sich nicht ausmachen. Teilweise werden im digitalen Aufnahmeprozess winzige Details sichtbar, die man auf Film niemals sehen würde, zum Beispiel Puder auf dem Gesicht von Schauspielern. Oberflächentexturen wie Holzmaserungen oder textile Strukturen lassen sich mit reichhaltigen sensorischen Informationen überaus deutlich abbilden. Dann wieder hat der Apparat Mühe, filigrane Strukturen wie Grashalme oder Weizenfelder sinnlich plastisch in ihrer eigenen ästhetischen Charakteristik wiederzugeben. Plötzlich wird eine elektronisch, jedenfalls künstlich anmutende Verschiebung des Bildeindrucks wirksam, die sich aus der Modulations-Transfer-Funktion allein nicht erklären lässt. Es zeigt sich wie so oft bei technischen Wandlungsprozessen, dass das menschliche Wahrnehmungssystem im Abbildungsverfahren ganz offensichtlich anders funktioniert als die Technik, wodurch sich in gewissen Bereichen technisch gesehen minimale Abweichungen dem natürlichen Sehen oder Hören unvermittelt harsch entgegenstellen und den Rezeptionsprozess empfindlich stören. Dafür gibt es aber keine absoluten Kategorien. Ästhetische Unterschiede lassen sich nicht gegeneinander verrechnen mit dem Ziel, am Ende eine Summe zu erhalten, die den einen oder anderen Prozess klar als den besseren definieren würde. Vielmehr sind alle diese Kategorien weitgehend von Konditionierungen abhängig, die durch traditionelle und kulturelle Faktoren bedingt sind.

Sehr wahrscheinlich sind solche störenden Bildeindrücke eher dem Kompressionsprozess zuzuschreiben als der Auflösungskapazität. Das grundsätzlich transparentere Abbildungsverfahren der digitalen Technik, wie ich es im Abschnitt „Pixel vs. Korn“ beschrieben habe, lässt Mängel offensichtlicher erscheinen, zumindest für jene Produzenten und Rezipienten, die sich an die traditionellen Abbildungsprozesse des Kinos gewöhnt haben. In anderen Bereichen der digitalen Bildproduktion – wie zum Beispiel in Computerspielen, in denen das Bild in punkto Detailtreue und Photorealismus wesentlich unbefriedigender ausfällt – erlebt man diese Einschränkungen als weniger auffällig, weil sich die Abbildungscodes innerhalb eines eigenen kulturellen Rahmens entwickelt haben.

Kompression / Artefakte

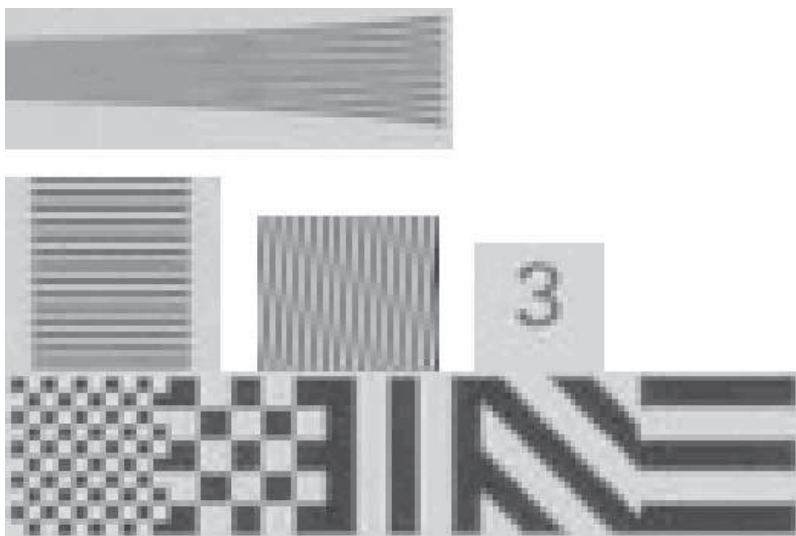
Bis heute ist es nur bedingt möglich, Bilddaten in High-Definition-Auflösung unkomprimiert aufzuzeichnen. Die Vorstellung, dass sich digitale Informationen beliebig oft kopieren ließen, einer jener Mythen, die sich um das digitale Bild ranken, ist deshalb ein derzeit noch unerreichtes Ideal. Die Sony-Kamera HDW-F900 kann zwar die Daten unkomprimiert als 10-bit-Files ausgeben. Bei 1920 x 1080 Pixeln pro Bild müssen jedoch Datenströme von ca. 185 MB/s in Echtzeit verarbeitet werden, damit man sie verlustfrei speichern kann. Das ist auf Magnetbandkassetten, wie sie in der portablen Datenakquisition zum Einsatz kommen, nicht möglich. Regisseur Aleksander Sokurov und Kameramann Tilman Büttner haben deshalb *RUSSIAN ARK*, einen komplexen Kostümfilm, der aus einer einzigen Einstellung besteht und auf den ich noch zurückkommen werde, direkt auf Festplatte aufgezeichnet, mit einem System namens „df-CineHD“ von „Director’s Friend“, das man sich als einen Koffer mittlerer Größe auf Rollen vorstellen kann, der über Kabel mit der Kamera verbunden mitgeschleppt werden muss.

Am Beispiel der Sony HDW-F900 stellt sich der Prozess der Kompression folgendermaßen dar: Zunächst werden die Daten, die von den drei CCDs mit den Farbinformationen Rot, Grün, Blau (RGB) geliefert werden, in ein sogenanntes Komponentensignal (YCrCb) im 8-Bit-Modus umgerechnet. Das Komponentensignal setzt sich aus einem Parameter für die Helligkeit (Luminanz Y) und zwei Parametern für die Farbe (Chrominanz Cr, Cb) zusammen. Entsprechend der Helligkeitsempfindlichkeit des menschlichen Auges für verschiedene Wellenlängen des Lichts wirken sich die drei Farben unterschiedlich auf die Luminanz aus. Grün wirkt sich dabei wesentlich stärker auf die Helligkeitsempfindung aus als Rot und Blau. Dieser wahrnehmungsbedingten Empfindlichkeitsverteilung wird eine gewichtete Verrechnung der Luminanzinformationen gerecht, die sich folgendermaßen zusammensetzt: $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$. Die Chrominanzkomponenten Cr und Cb sind Differenzsignale für die Farbkodierung im Rot- und Blaukanal (siehe dazu Poynton 1996, 23ff), die man als *4:2:2-Subsampling* bezeichnet. Vier Pixeln mit unterschiedlicher Luminanzinformation (Y_0, Y_1, Y_2, Y_3) sind je zwei Blöcke mit den Chromi-



nanzinformationen Cr und Cb zugeordnet. Im nächsten Schritt, dem sogenannten *Prefiltering*, findet eine weitere Datenreduktion auf 1440 vertikale Zeilen im Format 3:1:1 statt. An Chrominanzinformation sind damit noch 480 vertikale Zeilen vorhanden. Zuletzt werden Blöcke von 8x8 Pixeln im *Discrete-Cosine-Transferverfahren* nochmals zusammengefasst und mathematisch so analysiert, dass nur Veränderungen kodiert werden. Rechnerisch gesehen findet im Verlauf der gesamten Kette eine Datenreduktion um den Faktor 7:1 statt.

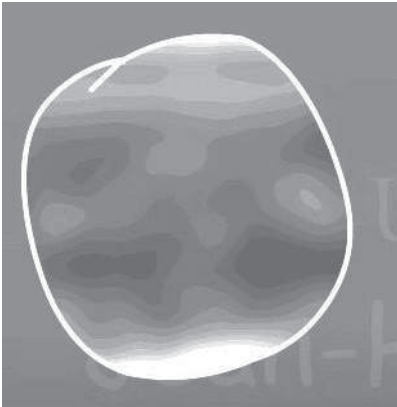
Zwar orientiert sich das gesamte Kompressionsverfahren weitgehend am menschlichen Wahrnehmungssystem, soll die Kompression doch möglichst „unsichtbar“ bleiben. Dennoch bilden sich in bestimmten Situationen Artefakte, also Fehler in der Bildinformation. Theoretisch sind die Artefakte so dimensioniert, dass sie unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen. Dennoch sind sie in gewissen Bildanordnungen spürbar. Dies betrifft namentlich sehr feine Bildstrukturen sowie Kanten mit hohen Kontrasten, wie die folgenden Bildausschnitte in Vergrößerung zeigen.



Die Sichtbarkeit von Artefakten wird verschärft durch die horizontal und vertikal ausgerichtete Anordnung der Pixel, wodurch sich an diagonal verlaufenden Strukturen ein *Moiré* genannter Effekt bildet, im Grunde genommen

eine Interferenz zwischen zwei einander überlagerten Linienmustern, die dadurch zustande kommt, dass gewisse Informationen ungleichmäßig auf benachbarte Pixel aufgeteilt werden.

Ein weiterer Effekt, der auf die Kompression zurückgeht, ist das sogenannte *Stepping* oder *Banding*. Durch Rundungsfehler im Wandlungsprozess werden feine kontinuierliche Verläufe von Farb- oder Helligkeitsnuancen in Stufen umgerechnet.



Wegen der Kompressionsalgorithmen, aber auch aus Gründen der Kontrastkodierung, auf die ich noch zu sprechen komme, werden Kontraste an Kanten verschliffen. Videokameras verfügen deshalb über eine Schaltung, welche zur Kantenanhebung führt, das sogenannte *Detail Enhancement* oder *Detailing*, das die Konturen anhebt und zur Verbesserung des perzeptiven Schärfeeindrucks führt. Längst haben Filmemulsionen jedoch Kuppler⁴ integriert, die denselben Effekt erzeugen, um die Bilder knackiger wirken lassen.

Der Einfluss der Kompression auf die Ästhetik des digitalen Bildes lässt sich kaum gewinnbringend umsetzen. Er ist vielmehr nur in wenigen Momenten spürbar und tritt dann überraschend als eindeutiger Hinweis auf das Verfahren selbst in Erscheinung, ein Effekt, der erst dann zu meistern sein wird, wenn die Datenübertragung und -speicherung höheren Anforderungen genügen wird.

Bewegungsdarstellung

Bildbewegungen der HD-Cam sind derzeit mit drei Problemen behaftet: Es stellt sich ein Verlust an Detailtreue im Bild bei Schwenks und Fahrten ein, bei schnellen Bewegungen im Bild entstehen nachziehende Bewegungsartefakte, und das sogenannte *Shutterproblem* tritt auf. Dieses kommt dadurch zustande, dass zwischen den progressiv erfassten einzelnen Vollbildern Zeitintervalle liegen, die von der Kamera nicht erfasst werden. In der HD-Cam kann – analog zu 35-mm-Kameras – elektronisch eine Flügelblende simuliert werden. Diese

4 Es handelt sich dabei um DIR Kuppler (DIR Developer Inhibitor Releasing, Anklin; Gschwind 2001, 49)

Anordnung unterscheidet das HD-24p-Format in seinem Look deutlich von herkömmlichen Videoverfahren, die im sogenannten *Interlaced-Modus* je zwei Halbbilder miteinander zu einem Bild kombinieren. Der progressive Modus stellt eine wichtige Voraussetzung für die Herstellung des Film-Looks dar, auf den die digitale Bildherstellung nach wie vor abzielt.

Im Gegensatz zu den traditionellen Verfahren kann diese Flügelblende aber auch fast völlig eliminiert und das Bild mit 1/24s belichtet werden. Ein kurzes Dunkelintervall ist notwendig, damit die Information aus den Sensoren des CCD an die Speicher abgegeben werden kann.

In einer Vorführung von HD-Material in Paris fiel mir besonders der Verlust an Detailtreue in den Bewegungen auf. Die Zeichnung wurde sofort flau, wenn das Bild sich bewegte, ein Effekt, den man *Motion Blur* nennt. Der Unterschied in der subjektiv wahrgenommenen Schärfe zwischen statischem und bewegtem Bild hat wahrscheinlich mit der Pixelstruktur zu tun. Da die Pixel sich fest an Ort und Stelle befinden, wirken stehende Bilder in gewisser Weise ungewohnt scharf. Sobald sich das Bild bewegt, geht dieser Effekt verloren. Dadurch kommt perzeptiv ein sehr starker Kontrast zwischen bewegten und fixen Einstellungen hinsichtlich der Auflösung zustande. Die spezifischen Bewegungsprobleme des HD-Formats haben eine eigene, etwas unwirklich anmutende Ausstrahlung, die man durchaus als schön empfinden kann. Durch den *Motion Blur* erhalten die unscharfen Bildteile im Hintergrund etwas Abgehobenes, Fremdartiges. Bewegen sich Personen im Vordergrund, treten die Bewegungsartefakte in Erscheinung und lassen die Bewegungen merkwürdig mechanisch erscheinen.

Wie bei Filmaufnahmen sind auch Stroboskop-Effekte zu beobachten, die in *LITTLE GIRL BLUE* besonders bei Parallelfahrten mit der Kamera sichtbar wurden, in welcher der Hintergrund sich plötzlich rückwärts zu bewegen scheint.

Schärfentiefe

Die wahrgenommene Schärfe eines Bildes – ob analog oder digital – entzieht sich letztlich einer exakten wissenschaftlichen Beschreibung oder Messung und lässt sich nur visuell beurteilen. Sie ist ein Konglomerat aus der Auflösung, dem Kontrastverlauf und weiteren Aspekten wie der Lichtstreuung und -verteilung. Obwohl das HD-Material messtechnisch in punkto Auflösung leicht schlechter abschneidet als entsprechende Filmmaterialien, wird es doch als schärfer wahrgenommen.

Zu diesem Eindruck trägt die größere Schärfentiefe von HD-24p bei. Sie ist physikalisch in der Fläche des 2/3-Zoll-CCDs begründet, dessen Diagonale um

einen Faktor 2,4 kleiner als jene von 35-mm-Film ist. Welche Bildteile scharf erscheinen, wird durch den zulässigen Zerstreuungskreis (*permissible circle of confusion*) definiert. Physikalisch gesehen kann eine Optik nur eine einzige Ebene scharf abbilden. Das Auge ist jedoch toleranter. Je nach Betrachtungsabstand kann ein als scharf wahrgenommener Punkt eine gewisse Ausdehnung haben, das heißt als Kreis abgebildet werden. Der zulässige Zerstreuungskreis beschreibt also eine Toleranzzone, welche unter der Auflösungsfähigkeit des Auges bleibt. Die Schärfentiefe bemisst sich dadurch, dass Punkte, die auf Ebenen vor oder hinter der Schärfenebene liegen, solange noch scharf erscheinen, als ihre Ausdehnung den zulässigen Zerstreuungskreis nicht überschreitet. Sie ist eine Funktion der Brennweite und der Blendenöffnung mit folgenden Gesetzmäßigkeiten: je größer die Brennweite, desto kleiner die Schärfentiefe; je kleiner die Blendenöffnung, desto größer die Schärfentiefe.

Nun ist diese Schärfentiefe aus zwei Gründen auf dem HD-Format deutlich größer als auf 35-mm-Material. Zum einen müssen – wie oben erwähnt – wegen der kleinen Fläche des CCD um den Faktor 2,4 kürzere Brennweiten eingesetzt werden, damit man den gleichen Abbildungsmaßstab erhält; zum anderen lässt das Prismenteilersystem, das – wie in Abschnitt „Pixel vs. Korn“ beschrieben – für die Aufteilung des Lichts in die drei Farbkanäle zuständig ist, keine größeren Blendenöffnungen als 1,4 zu.

Für die Ästhetik hat dies einschneidende Konsequenzen. Die selektive Schärfentiefe ist ein wesentliches Instrument der Aufmerksamkeits-Lenkung. Sie simuliert stellvertretend für den Rezipienten eine Aufmerksamkeitsverlagerung, sie hebt hervor, was für die Narration von Bedeutung ist, und lässt jene Elemente im Vorder- oder Hintergrund verschwimmen, die dem Zuschauer nur vermittelt präsent sein sollen. Sie isoliert die dargestellte Figur von ihrer Umwelt und stellt damit eine Verbindung zwischen Figur und Rezipient her, von der es wenig Ablenkung gibt. Die filmische Ästhetik war in den letzten zwei Jahrzehnten von einer Tendenz zur Reduktion der Tiefenschärfe geprägt. Minimale Schärfentiefe führt zu einer plastischen Trennung von Figur und Hintergrund. Sie eignet sich zu subjektiv eingefärbten Darstellungsweisen, die Wahrnehmungsprozesse aus der Perspektive einzelner Filmfiguren nachzeichnet.

Große Schärfentiefe auf der anderen Seite eröffnet den Blick auf die Interaktion der Filmfiguren miteinander und/oder mit dem Raum, in dem sie leben und handeln. Es gibt genügend Beispiele aus der Filmgeschichte, in denen eine große Schärfentiefe als Erzählelement eingesetzt wird. Am bekanntesten dürfte Orson Welles' *CITIZEN KANE* (USA 1941) sein, der virtuos mit maximaler Schärfentiefe operiert, die teilweise noch durch Einsatz von *Splitfocus* erweitert wird, so dass vom Glas im Vordergrund bis zu Objekten im letzten Winkel des Raums alles scharf erscheint.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, mit dem Schärfeverhalten der HD-Cam umzugehen: Entweder man kämpft gegen die Schärfentiefe mit technischen Mitteln an oder man setzt sie gezielt ein. In bisher zugänglichen Interviews und Erfahrungsberichten (z. B. *American Cinematographer* 4, 2001; Polzer 2002 und verschiedenen Internetquellen) bedauern die Kameraleute die flächige Wirkung der großen Schärfentiefe. Mit Einsatz von ND-Filtern und stark selektiver Lichtführung bemühen sie sich, eine räumliche Trennung von verschiedenen Bildebenen herbeizuführen. Regisseurin Anna Luif und Kamerafrau Eeva Fleig haben in *LITTLE GIRL BLUE* einen anderen Weg beschritten. Sie haben ihre *mise-en-scène* bewusst dem Schärfeverhalten angepasst und zeigen die mittelständische Siedlung, in der die jugendlichen Protagonisten ihre Dramen erleben, als einen geometrischen Raum, dessen Koordinaten offen liegen. Die Umwelt wird so selbst zur Figur. Dazu gehört nicht nur die aseptische Siedlung mit ihren genau vermessenen Vorgärten, sondern auch die *peer-group*, deren eindeutige Gesetzmäßigkeiten jedem Individuum sofort einen Platz zuweisen, noch bevor es eine Chance erhält, sich in seiner Vielschichtigkeit zu entfalten. Jede Bewegung der Figuren wird so zu einem genau beobachteten Auftritt in einem System, das der Rezipient als Ganzes überschauen kann. Psychische Prozesse werden damit nicht von innen heraus – durch eine subjektivierende Kameraführung – spürbar, sondern durch ihre soziale Bedingtheit in verschiedenen Anordnungen, in der Familie, in der *peer-group* und in der Schule. Die Verhängnisse und Verkettungen ergeben sich aus eben diesen Systemen, denen die Jugendlichen – und übrigens auch ihre Eltern, die genauso verwirrt handeln – nur unter Anstrengung für kurze Momente entrinnen können.

Die Szenen, die von diesen kurzen Momenten handeln, wurden mit längeren Brennweiten aufgenommen. Entsprechend wird ein anderer Effekt sichtbar, der mit dem Schärfeverhalten der Sony-HD-Cam zusammenhängt. Vorder- und Hintergrund erscheinen deutlich voneinander getrennt, so als würden sie nicht zu einander gehören. Besonders wenn leichtes Sonnenlicht in den Haaren die Konturen etwas betont, sehen die Bilder wie zusammengesetzt aus, wie in einem *Compositing*-Prozess mit Rückprojektion oder *bluescreen* hergestellt. Zwar hatte Anna Luif diese Ästhetik nicht beabsichtigt; vielmehr wurde sie überraschend damit konfrontiert. Sie nahm den Look aber begeistert auf, weil er in diesen Momenten eine ästhetisch bedingte Bildmetapher für die völlige Losgelöstheit der Figuren von der Welt anbietet. Dieser spezielle Look, der in manchen Momenten fast hyperrealistisch wirkt, ist jene Eigenheit von HD, die das Format von gewohnten Bildeindrücken in analogen und bisherigen digitalen Formaten unterscheidet.

Die unscharfen Bildteile werden deutlich anders abgebildet als in der traditionellen Filmaufnahme. Diese Ästhetik hängt mit den sphärischen Aberrationen

der Linsen, aber auch mit der Streuung im Filmmaterial selber zusammen. Dafür gibt es den Begriff *Bokeh*.⁵ Gutes *Bokeh* zeichnet sich dadurch aus, dass die Zerstreungskreise, wie ich sie oben beschrieben habe, ihre größte Dichte im Zentrum haben und nach außen hin unscharf verlaufen. Die HD-Optiken müssen wegen des Prismenteilers die Lichtstrahlen mit einer komplexen Retrofokus-Anordnung so ausrichten, dass sie möglichst senkrecht auf das Prisma auftreffen, damit keine unerwünschten Reflexionen entstehen. Das hat natürlich auch Konsequenzen für das *Bokeh* und könnte den besonderen Look der Unschärfe auf HD-24p zumindest teilweise erklären. Ein weiterer Grund dafür kann die mangelnde Diffusion des Lichts auf dem Chip sein, die durch die scharfen Begrenzungen der einzelnen Pixelsensoren bedingt ist (siehe dazu Abschnitt „Pixel vs. Korn“).

Kontrastverhalten

Im Vergleich mit Negativfilm ist der Kontrastumfang des HD-Materials eingeschränkt. Mit rund neun Blenden entspricht er ungefähr demjenigen von Positivmaterial, sogenanntem *Umkehrfilm*. Kritisch wird diese Eigenschaft in Situationen, in denen die Lichtquellen nicht vollständig kontrolliert werden können, zum Beispiel in prallem Sonnenlicht, in Gegenlichtsituationen oder bei starken Lichtquellen in Nachtaufnahmen.

Das Kontrastverhalten eines Aufzeichnungsmaterials wird durch die Gradation bestimmt, welche das logarithmische Verhältnis von Objektkontrast und Bildkontrast durch einen Wert Gamma beschreibt. Zu berücksichtigen ist dabei die gesamte Aufnahme- und Wiedergabekette. Bei einem Gesamtgamma von eins entsprechen Objekt- und Bildkontrast einander, ein Gamma kleiner als eins liefert ein flaueres, ein Gamma größer als eins ein hartes Bild. Videoformate – auch die digitalen – berechnen das Gamma in idealer Weise als gerade Linie zwischen Schwarz und Weiß. Eine 8-bit-Quantisierung liefert theoretisch 256 Helligkeitsstufen. Aus historischen Gründen sind es in der Praxis 219 Stufen, da schwarz mit 16, weiß mit 235 kodiert wird (Poynton 1996, 276; Bürcher 2002). Unkorrigiert wirkt das HD-Bild flau. Die Pegel müssen deshalb im Postproduktionsprozess bei der Lichtbestimmung skaliert werden.

Anders als ein Videosystem funktioniert das menschliche Wahrnehmungssystem jedoch nicht linear. Es weist in den mittleren Graustufen eine differenziertere Helligkeitsunterscheidung als in den hellen und dunklen Bildteilen

5 Eine gute Beschreibung des *Bokeh* findet sich auf <http://www.kenrockwell.com/tech/bokeh>

auf. Filmmaterial wird dieser Eigenheit annähernd gerecht, da es in den Grenzbereichen ein abgeflachtes Gamma aufweist. In der HD-Cam können solche Charakteristiken durch elektronische Features im Menu nachgeahmt werden. Sowohl das Gamma der Schwärzen (*Black-Gamma*) lässt sich je nach gewünschtem Effekt einstellen, als auch die Gammfunktionen im Spitzlichtbereich, namentlich die Sättigung der Farben, sowie der Knickpunkt, das Knie (*knee*), an dem die diagonale Gammakurve abgeflacht wird, um Werte in den hellen Bildteilen besser wiederzugeben.

Wie alle digitalen Aufzeichnungsverfahren weist das HD-Format eine strikte Limitierung des maximalen Signalpegels auf. Es findet ein *Clipping* statt. Dabei werden überflüssige Ladungen durch einen Overflow-Drain auf dem CCD abgeführt. Bildflächen, die auf HD mehr als zwei Blenden überbelichtet werden, fressen deshalb aus und enthalten überhaupt keine Zeichnung mehr. Bei Nachtaufnahmen beispielsweise können starke Lichtquellen wie ausgeschnitten aussehen. Die Belichtung orientiert sich also an den hellen Bildteilen, während man die Schatten aufhellen muss.

Hingegen ist das digitale Material flexibler in der Aufzeichnung der Schatten, auch wenn Eeva Fleig, die Kamerafrau von *LITTLE GIRL BLUE* die Schwärzen als matter beschreibt, da ihnen Tiefe und Form fehlten. Sidney Lumet wiederum drehte die Fernsehserie *100 CENTRE STREET* (USA 2001-02) mit einem Ensemble von afroamerikanischen Schauspielern auf HD und war begeistert, wie HD dunkle Haut in allen ihren Nuancen erfasst, die im photochemischen Prozess nur schwer wiederzugeben sind. Auch Philip Gröning (2002) befand den flächigen Effekt in den dunklen Bildteilen als ästhetisch überaus zufriedenstellend und schreibt ihm eine Qualität zu, die an Ölgemälde erinnere. Aus Grönings Sicht schnitt HD im direkten Vergleich mit 35-mm-Film im Low-Key-Bereich besser ab. Mehr noch: durch das Empfindlichkeitsverhalten von HD sei es für ihn überhaupt erst möglich geworden, in einem Kloster ohne Licht zu drehen; andernfalls wäre der Film gar nicht zu realisieren gewesen.

Nach wenigen Testtagen im Vorfeld der Dreharbeiten zu *LITTLE GIRL BLUE* hatte Eeva Fleig das spezifische Kontrastverhalten der HD-Cam im Griff und konnte jene Lichtsituationen, die als besonders schwierig gelten, souverän meistern, indem sie die Eigenheiten des Materials gezielt einsetzte, statt gegen sie anzuarbeiten. Im Gegenlicht ließ sie die Figuren als Silhouetten vor einem weißen überstrahlten Hintergrund erscheinen. Trotz *low-budget*-Bedingungen ließ sie über den meisten im Sonnenlicht angesiedelten Szenen einen *Silk* spannen, um das Licht zu diffundieren, oder sie ordnete die Personen so an, dass die Sonne als Spitzlicht von hinten wirkte, und hellte gleichzeitig den Vordergrund mit Silberreflektoren auf. Am besten, so Eeva Fleig, sehe Sonnenlicht

mit einer ganz dünnen Wolkenschicht aus. Insgesamt leuchtete sie sehr flach ohne direktes Licht aus und verwendete keine Stufenlampen: „Also nur weich, weich, weich, weich und Kanten auch weich und unterbelichten. Ich habe Kanten auch überbelichtet, das sah aus wie ein werbevergewaltigtes Bild.“

In sehr lichtschwachen Drehsituationen – namentlich in improvisierten und dokumentarischen – lässt sich die Empfindlichkeit der digitalen Kamera durch eine zuschaltbare Verstärkung erhöhen. Damit verstärkt man natürlich auch das minimale Grundrauschen, weshalb eine Verstärkung um 6 dB in ästhetischer Hinsicht als Grenze angesehen wird.

Farbe

Die Forschungslage zur Ästhetik der Farbe in der filmischen Abbildung ist erschreckend dürftig. Zwar gibt es viele Untersuchungen zu den technischen Prozessen, die der Farbaufnahme und -wiedergabe zugrunde liegen. Die Frage jedoch, wie diese Prozesse sich auf die Rezeption des Films und die Ästhetik des Bildes auswirken, bleibt bis heute weit gehend unbeantwortet.

Die photochemische und die digitale Farbprozessierung sind nicht miteinander vergleichbar, aber beide Systeme beziehen sich im weitesten Sinne auf Gesetzmäßigkeiten des menschlichen Farbsehens, dessen Eigenheiten ich hier nicht weiter darstellen will. Wie im Abschnitt „Kompression / Artefakte“ dargestellt, wird das HD-Signal, das von den drei CCDs mit je den Farbinformationen für Rot, Grün und Blau geliefert wird, entsprechend diesen Gesetzmäßigkeiten in ein Komponentensignal umgerechnet. Die Informationen, die vom CCD geliefert werden, sind grundsätzlich linear und müssen korrigiert werden, damit sie dem visuellen System des Menschen besser entsprechen. Über den Weißabgleich muss man zusätzlich eine Farbkorrektur vornehmen. Diese berücksichtigt die Farbtemperatur des Lichts und neutralisiert sie, indem ein neutraler Weißpunkt im Aufnahmesystem als Referenzelement für Weiß definiert wird. Die sogenannte Farbkonstanz des menschlichen Wahrnehmungssystems, die dazu führt, dass uns beispielsweise reife Bananen unter Licht mit unterschiedlicher Farbtemperatur immer gelb erscheinen, ist eine Eigenheit des visuellen Reizverarbeitungssystems, die durch den Weißabgleich elektronisch nachempfunden wird. Im photochemischen Prozess muss die Farbtemperatur stets berücksichtigt werden, entweder in der Wahl des entsprechenden Materials für Tages- oder Kunstlicht oder durch entsprechende Filter.

Das HD-Format mit seiner 4:2:2-Aufzeichnung und 8-Bit-Technologie zeigt nach wie vor einige Schwächen in der Farbwiedergabe. Klar ist, dass die Wiederga-

be des Farbraums mit diesen Eckdaten nicht dieselbe Qualität aufweist, wie sie zeitgenössische Filmmaterialien erreichen. Mehr noch: der spezifische Filmlook, der die Zuschauer seit der Erfindung der Farbprozesse konditioniert, ist ein nonlineares System mit spezifischen Verzerrungen und weist deutliche Abweichungen von einer neutralen Farbwiedergabe auf, wie die Messungen von Alleysson (2002) gezeigt haben. Jede Farbschicht des Filmmaterials erfasst Farbe mit sogenannten Banden, Spektralanteilen aus benachbarten Frequenzbändern. In der digitalen Technologie hingegen werden die Farben in einer wohl definierten Bandbreite exakt erfasst. Unsere Erwartungshaltung in Bezug auf Farbtöne und -sättigung im Kino allerdings wurde während Jahrzehnten von den spezifischen Abweichungen des Filmmaterials geprägt. In seiner Untersuchung kommt Alleysson (2002, 15) zum Schluss, dass mehr als 37% der Farben, die in RGB (Rot-Grün-Blau) von den drei CCDs geliefert werden, bei der Umwandlung in das Komponentenformat verloren gehen. Das hat unter anderem mit der Luminanz zu tun, die in 219 Stufen kodiert wird. Schaut man sich die drei Dimensionen der Farbe an – Helligkeit (*luminance*), Farbton (*hue*), Sättigung (*saturation*) –, wird klar, dass der Farbraum empfindlich zusammenschrumpft, sobald einer dieser Parameter nicht vollumfänglich zur Verfügung steht.

Sichtbar wird diese Einschränkung vor allem in Farbtönen mit einem deutlichen Rotanteil. In einer Testvorführung, die von der französischen *Commission Supérieure Technique de l'Image et du Son* in Paris veranstaltet wurde, konnte man eine problematische Wiedergabe von Rot besonders dort feststellen, wo die Farbe sehr gesättigt war. Die Rotwerte wurden deshalb bei den Kamerasettings für die Dreharbeiten von *LITTLE GIRL BLUE* leicht gesenkt. Blautöne hingegen werden extrem gut wiedergegeben, was auch mit der Assoziation von Klarheit zu tun haben könnte, die man allgemein den Blautönen zuordnet.

Aus konzeptuellen Überlegungen haben Eeva Fleig und Anna Luif in *LITTLE GIRL BLUE* eine monochrome Farbgebung gewählt, die sie mit Farbtupfern durchbrochen haben. Mit dunklen Farben haben sie schlechte Erfahrungen gemacht, da diese Farben gegen Schwarz tendierten und darum kaum mehr Zeichnung aufwiesen. Die Wände in den Innenräumen auf dem Set waren farbig gestrichen, um den Kontrast zwischen den Hauttönen und der Umgebungsfarbe geringer zu halten. Als besonders problematisch erwies sich dabei eine bordeauxrote Wandfarbe, die je nach Lichtsituation anders aussah. Als Konsequenz aus diesen Erfahrungen raten Anna Luif und Eeva Fleig dazu, Farben von Kostümen und Ausstattung in der Vorbereitung mit der HD-Cam zu testen und zwar in verschiedenen Lichtsituationen, mit Kunstlicht, mit Tageslicht, in Mischlichtsituationen und nachts. Schwierig sind auch glänzende Textilien.

Regisseur Julio Medem hat sich für seine HD-Produktion *LUCIA Y EL SEXO* (Spanien 2001) bewusst für eine sehr experimentelle Farbgestaltung entschieden. In einigen größeren erzählerischen Einheiten des Films, die Erinnerungen der Protagonistin visualisieren, sind die Farben stark entsättigt. Zudem wurde jeder Schauplatz mit einem klaren Farbkonzept eingerichtet, bei dem die Primärfarben Rot, Grün, Blau eine vorherrschende Stellung einnehmen. Nicht immer jedoch ist das Gesamtkonzept schlüssig. Viele Eingriffe in Medems Film können deshalb nicht zweifelsfrei interpretiert werden und wirken als Fehler.

An der HD-Cam lassen sich theoretisch alle Farbparameter elektronisch modifizieren. Die nahezu unendlichen Möglichkeiten der Farbmanipulation, die das Format bietet, könnten dazu verleiten, ungebremst zu experimentieren. Stärker noch als beim konventionellen Dreh müssen deshalb bei der Arbeit mit der digitalen Kamera Farbkonzepte in der Vorproduktion in Zusammenarbeit mit Kamera und Art Direction auf der Basis von stringenten dramaturgischen Überlegungen entwickelt werden.

Handling

Ein wichtiger Gegenstand der Beobachtung von realen Drehbedingungen innerhalb unseres Forschungsprojekts war die Frage, wie der Monitor die Teamstruktur der Drehequipe und den Ablauf der Arbeit verändern würde. In der analogen Filmproduktion ist der Kameramann eine Art Schamane, der über ein Wissen verfügt, das außer den anderen Mitgliedern der Kameraabteilung kaum jemand im Team mit ihm teilt. Der Zugang zum Sucher ist streng auf wenige Personen und Funktionen beschränkt. Zudem zeigt, der Sucher ein Bild, das mit der geplanten Abbildung nur den Bildausschnitt und die Schärfentiefe gemein hat, im Kontrastverhalten jedoch keine technische oder ästhetische Referenz bilden kann. Selbst wenn Videoausspiegelungen zur Verfügung stehen, wie sie seit einigen Jahren zur Standardausrüstung von Filmdreh zählen, so sind diese doch nur ein rohes Kontrollinstrument für einige wenige Parameter. Sie geben ein verrauschtes, in den Kontrasten verzerrtes Videobild wieder, das nur ahnen lässt, wie das intendierte Filmbild aussehen wird.

Bei der HD-Aufnahme ist es anders. Das Schwarzweiß-Okular ist aus der Sicht der Kameraleute eine Zumutung, es liefert ein unscharfes, in den Kontrasten ungenaues Bild, das außerdem wegen des Shutters während des Drehens in einer Art und Weise flickert, an die sich das menschliche Auge kaum gewöhnen kann. So weiß der Schwenker, der in schwach- bis mittel-finanzierten europäischen Produktionen mit der Kameraperson identisch ist, nur in groben Zügen, was er dreht. Das Kontrollinstrument ist

nicht der Sucher, sondern der Monitor. Er liefert sämtliche Informationen über Schärfe, Kontrast und Farbe. Somit kann jeder auf dem Set, der Zugang zum Monitor hat, sich eine Meinung über jedes Detail der Bildgestaltung bilden. Wie die Dreharbeiten von *LITTLE GIRL BLUE* zeigten, zählt das ganze Team zu diesem Kreis. Alle Versuche, diesen Zugang zu beschränken und eine Disziplin zu etablieren, blieben ohne Erfolg. Vielmehr war die Regisseurin selbst – entgegen ihrer erklärten Absicht – von dem perfekten Hochglanzbild dermaßen fasziniert, dass sie die Inszenierung ausschließlich am Monitor kontrollierte. Zunächst hatte sie die Befürchtung, dass der Monitor sich zwischen sie und die Schauspieler schieben könnte. Während der Dreharbeiten lernte sie die Distanz jedoch zu schätzen. Im direkten Blickkontakt fühlte sie sich stärker durch die Empathie mit dem darstellenden Menschen bestimmt. Durch den Monitor konnte sie besser davon abstrahieren und den Film als solchen in ihrem Kopf entstehen lassen.

Kamerafrau Eeva Fleig blieb in der ungewohnten Drehsituation völlig souverän und ließ sich durch Kommentare nicht verunsichern. Sie empfand es als positiv, dass die Bilder am Monitor in einer Qualität sichtbar wurden, die der Endqualität in wesentlichen Punkten entspricht, im Unterschied zu Videoausspiegelungen oder schlecht gezogenen Mustern, die ihrer Erfahrung nach Regisseure, Schauspieler und Teammitglieder eher verunsicherten und demotivierten.

Vor kurzem vertrat der russische Regisseur Alexander Sokurov in einem Interview (Hufen 2002) den Standpunkt, dass die sofortige Verfügbarkeit des Bildes zu einer nachlässigen, unreflektierten Haltung führen könne. Er ist der Ansicht, dass die Verzögerung zwischen Aufnahmeprozess und Endprodukt einen kreativen Widerstand leiste, der notwendig sei, damit ein tieferer künstlerischer Wert in die Arbeit einfließe. Das HD-Bild baut diesen Widerstand zweifellos ab. Es übt auf dem Monitor in seiner unmittelbaren Perfektion einen fast zwanghaften Sog aus, so wie Polaroidbilder, die zu einer Sucht führen können, oder eben auch digitale Kameras für den Hausgebrauch. Wenn erzählerisch und dramaturgisch stimmige Erzeugnisse entstehen sollen, muss deshalb mehr noch als in der klassischen Produktion in der Vorbereitungsphase geplant, also prävisualisiert werden, damit die Unmittelbarkeit des digitalen Bildes nicht zur Beliebigkeit seiner Gestaltung führt. Oder aber man geht das Risiko ein, im Stil der dänischen Dogma-Filme zu improvisieren und die Unmittelbarkeit des digitalen Bildes zum Stilmittel des Erzählens selbst zu erheben. Dafür würde sich die HD-Cam besonders eignen.

Damit der Monitor aber seine Funktion als Kontrollinstrument ausfüllen kann, muss er genauestens kalibriert werden. Alle Werte für Kontrast- und Farbwiedergabe müssen überprüft und eingemessen werden. Sonst passiert das, was Sokurov

beklagt, nämlich, dass er an jedem Monitor einen anderen Film gesehen hat. Man muss sich die Standardisierung der Betrachtungsbedingungen in Hinblick auf das Endformat selbst schaffen – bis heute ist das im allgemeinen die Ausbelichtung auf Film –, damit man nicht im Chaos der ungezügelter Bildparameter versinkt. Sollen auch Bewegungsabläufe und Shutterprobleme beurteilt werden können, muss der Monitor die Bilder im HD-Modus genauso progressiv reproduzieren, wie sie aufgebaut werden. Darüber hinaus muss die Bildfläche groß genug sein, damit die Schärfe adäquat beurteilt werden kann, nämlich möglichst so, wie sie später auf der Leinwand wiedergegeben wird. Nicht zuletzt aber muss der Monitor in ein schwarzes „Kabäuschen“ eingebaut werden, damit die Umgebungshelligkeit die Bildwahrnehmung und -beurteilung nicht beeinflusst. Die Kameraperson muss sich darüber hinaus immer eine Weile Zeit lassen, bis sich ihre Augen an den Helligkeitswert des Monitors angepasst haben.

Wenn alle diese Bedingungen erfüllt sind, bekommt man durch den Monitor eine sehr gute Referenz, um Grundlegende Qualitätsmerkmale des fertigen Werks beurteilen zu können. Damit erübrigt sich auch die viel diskutierte Position eines Bildtechnikers, der nichts anderes tut, als die technischen Parameter des Bildes auf einem Vektorskop zu kontrollieren und die Kamerasettings entsprechend anzupassen. Ein solcher Bildtechniker kam zum Beispiel in STAR WARS EPISODE I (USA 1999, George Lucas) zum Einsatz, war dort aber gerechtfertigt, weil die entstehenden Bilder immer wieder mit bereits bestehenden Layouts von Visual Effects abgeglichen werden mussten. Am Set stellte der Bildtechniker für Regisseur Lucas und seine Schauspieler zusätzlich eine Art von *Live-Compositing* her, um den filmischen Raum optisch wieder herzustellen, der sich in seiner Integrität aufgrund der ausgiebigen Verwendung von *Greenscreen*-Verfahren am Set selbst nicht mehr erschließen ließ.

Da es sich ohnehin empfiehlt bereits in der Vorbereitung anhand von Tests einige Settings des umfangreichen Menüs zu definieren und abzuspeichern, fallen während des Drehs unter normalen Bedingungen keine Entscheidungen an, die nicht von einer üblichen Kameracrew bewältigt werden können. Es ist ferner keineswegs so, dass sich ihre Arbeit *a priori* von einer kreativen weg zu einer bildtechnischen hin entwickeln würde. Ein Kameraassistent, der die Grundregeln der elektronischen Bilderfassung kennt, kann dieses Wissen problemlos auf die digitale Drehsituation übertragen. Hingegen ist ein großer Teil des angestammten Wissens von erfahrenen Film-Kameraleuten obsolet geworden. Sie müssen nun mit einem völlig anders funktionierenden Medium arbeiten und in mancher Hinsicht bei Null anfangen, so wie die Cutter vor einigen Jahren, als die nonlinearen Schnittsysteme eingeführt wurden. Das löst Ängste aus, die einen Großteil der Profis davon abhalten, sich mit dem neuen System zu befassen.

sen, obwohl sich alle bewusst sind, dass der Umbruch von den analogen zu den digitalen Produktionsverfahren nicht abzuwenden sein wird. Angesichts neuer Technologien spalten sich die Praktiker ohnehin in zwei Gruppen: jene, die jede Entwicklung sofort aufgreifen und damit experimentieren, und jene, die den traditionellen Prozessen verhaftet, gleichwohl aber in kreativer Hinsicht innovativ bleiben. Die zweite Gruppe wendet sich erst unter ökonomischem Druck der neuen Technologie zu, oder sie unterlässt es ganz, und fällt dann aus dem Produktionssystem heraus.

Statt eines Bildtechnikers wird es vielleicht einen Schwenker brauchen, mindestens so lange, als der Sucher nur ungenügende Bildinformationen liefert. Deswegen wird sich das Team aber nicht unbedingt verkleinern, sondern es wird sich eine andere Aufgabenteilung etablieren. Ein Clapper-Loader oder Materialassistent wird allerdings überflüssig sein, da die HD-Kassetten rund 40 Minuten Laufzeit aufnehmen können, also viermal mehr als herkömmliche Filmrollen.

Diese verlängerte Laufzeit bei sehr geringen Materialkosten begrüßen einige Regisseure als wichtigen Fortschritt. Anna Luif, die in *LITTLE GIRL BLUE* mit jugendlichen Laien gearbeitet hat, war begeistert, dass sie dank Time-Code-Verknüpfung zwischen Bild und Ton alle Proben ohne Klappe aufnehmen konnte, das heißt so diskret, dass die Jugendlichen die Technik völlig ausblenden und sich gänzlich dem Spiel hingeben konnten.

Sokurovs *RUSSIAN ARK* (D, RUS 2002) wäre ohne diese technische Voraussetzung überhaupt nicht möglich gewesen, denn er konnte im Harddisk-Recording-Verfahren einen 90-minütigen Film in einer Einstellung drehen.

„Am 23. Dezember wurde der Film in einem Tag gedreht, nach einer sechsmonatigen Vorbereitung. Um 14.00h wurde die Kamera eingeschaltet, 90 Minuten später war alles vorbei. Die Dekoration erstreckte sich über zwei Etagen der Ermitage [in St. Petersburg] und 1,5 Kilometer. In 90 Minuten durchliefen wir die Epochen von Peter dem Großen über Katharina die Große, Nikolai I und II, den zweiten Weltkrieg bis hin zur heutigen Zeit. Wir besuchten eine Theatervorstellung aus der Zeit Katharinas, wir waren auf dem letzten großen Ball in Europa im Jahre 1913 – danach begann der erste Weltkrieg und die Leute hörten für viele Jahre auf sich zu amüsieren und zu tanzen.“ (Sokurov, in: Hufen 2002)

So sehr sich Philip Gröning über den miserablen Mensch-Maschine-Kontakt an der HD-Cam ärgerte, so war dieses Equipment doch das einzige, das es ihm erlaubte, *DIE GROSSE STILLE* in einer hohen Qualität allein zu drehen, ohne

künstliches Licht und ohne Tonspezialisten. Denn neben der HD-Bildqualität zeichnet die digitale 24p-Kamera auch digitalen Ton in 4-Spur-Technik mit einer 20-bit-Auflösung auf, einem Standard, der jede Form der Postproduktion möglich macht.

Ein kurzes Schlaglicht auf den Postproduktionsprozess

Seine revolutionäre Kraft entfaltet das digitale Format im intermediären Stadium der Postproduktion zwischen Datenakquisition und Projektion. Die mathematische Form, welche die punktförmigen Repräsentationen des Bildes beschreibt, lässt sich beliebig verändern. Damit sind Eingriffe in das Bild weit jenseits der menschlichen Wahrnehmungsfähigkeit möglich geworden. Jeder Parameter steht für die Bearbeitung zur Verfügung. In der Regel beziehen sich diese Bearbeitungsmöglichkeiten noch auf vorhandenes Bildmaterial. Mittlerweile ist aber auch die völlig künstliche Bildproduktion möglich geworden, bei der Objekte zeichnerisch entworfen und ihr zeitliches Verhalten durch Algorithmen, die sich aus der physikalischen Welt der Materie ableiten, „gerendert“, also vom Computer in Bilddaten umgerechnet werden.

Die Diskussion um Original und Fälschung hat auf dem Hintergrund der neuesten Entwicklung eine andere Dimension erhalten. Zwischen dem vorfilmischen Ereignis, seiner technischen Speicherung und Wiedergabe besteht nur noch eine lose Verbindung, mehr noch: Ein abgebildetes Objekt zu sehen, heißt nicht mehr, dass dieses Objekt in der realen Welt einmal existiert hat.

Die Diegese, das im Film dargestellte Raum-Zeit-Kontinuum, ist grundlegend fiktiv und suggeriert nur mittelbar eine Verbindung zur Wirklichkeit. Filmemacher haben sich diesen Sachverhalt seit je zu Nutzen gemacht. Seit Georges Méliès mit *LE VOYAGE DANS LA LUNE* (F 1902) eine erste imaginäre Landschaft fürs Kino entworfen hat, wurden immer wieder technische Verfahren entwickelt, welche dem Zuschauer durch Compositing, Dekor- und Modellbau, mechanische Puppen oder Matte-Paintings fiktive Welten suggerierten, die er noch nie gesehen hatte, Wirklichkeiten, die nirgends überprüfbar waren. Noch nie jedoch war es in diesem Umfang möglich, virtuelle Welten zu entwerfen, die ihren Ursprung allein in der Vorstellungskraft eines Regisseurs oder „Visual Artists“ hatten und mittels eines Computerinterface und einer Software ins Medium Film umgesetzt werden.

Stabile Faktoren der filmischen Darstellung wie die Kausalitätsbeziehung zwischen Abbildung und Gegenstand werden durch die Möglichkeiten der digitalen Bildbearbeitung in einem Maß unterwandert, wie es noch vor etwas mehr als ei-

nem Jahrzehnt unmöglich schien. Erst Anfang der 1990er Jahre begann man digitale Special-Effects in größerem Umfang einzusetzen, in Filmen wie *TERMINATOR 2* (USA 1991, James Cameron) oder *JURASSIC PARK* (USA 1993, Steven Spielberg). Heute sind hybride Formen, die analoge und digitale Prozesse miteinander kombinieren, so verbreitet, dass sie auch über die Genres hinaus zum Einsatz kommen, die traditionell auf *Visual Effects* und die Integration von virtuellen Elementen vertrauten. Hybride Formen finden sich nicht mehr nur in Science-Fiction- oder Horrorfilmen, sondern auch in Musicals oder romantischen Komödien. *MOULIN ROUGE!* (2001), Baz Luhrmans postmoderne Interpretation der Pariser Bohème an der Schwelle zum 20. Jahrhundert ist dafür ein Beispiel, ebenso wie Jean-Marc Juenets *AMÉLIE DE MONTMARTRE* (2001).

Die leichte Verfügbarkeit von Bildbearbeitungen im digitalen Postproduktionsprozess hat sich auch Anna Luif für *LITTLE GIRL BLUE* zu Nutzen gemacht und einige greenscreen-Compositing-Aufnahmen in den Film integriert. Die Funktion dieser Compositing-Shots war es, immer dann das Raumgefüge zu verändern, wenn die Hauptfigur in beängstigende oder beengende Situationen kommt. In einer Szene geht es für die Hauptfigur darum, in einem Basketball-Spiel den Korb zu treffen, damit sie Aufnahme in die herrschende Clique findet. Dabei wurden die beiden Ebenen – die Figur und der Korb – getrennt aufgenommen, so dass die Distanz zum Korb subjektiv verzerrt beinahe unendlich erscheint. In einer anderen Sequenz wird eine Halluzination zur Bildmetapher. Die Protagonistin hat in einer sehr intimen Situation die Befürchtung, von ihren allgegenwärtig scheinenden, eifersüchtig alles beobachtenden Peers belauert zu werden. Alle diese Transformationen der Raumbezüge wirken unreal, ohne in ihrem künstlichen Charakter transparent zu sein. Es sind eher plastische, dynamische Raumveränderungen, die sich an der subjektiven Wahrnehmung der Figur ausrichten.

Ausblick

Eines Tages werden es wahrscheinlich ökonomische Faktoren sein, die den Umbruch zum digitalen Kino bedingen werden. Denn das größte Sparpotenzial liegt in der Distribution.⁶ Auf der Seite der Datenakquisition wiederum kann man in naher Zukunft mit einigen Verbesserungen rechnen. Schon heute stellt Philips-Thomson eine Kamera namens *Viper Film Stream* her, mit der die Bilddaten in unkomprimierter Form im 4:4:4-Modus als 10-bit-log-Files aufge-

6 Siehe dazu auch den Text von John Belton in diesem Heft.

zeichnet werden können, allerdings auf ein Festplattenarray in der schwarzen Box des *Director's Friend*, welche die Mobilität der Kamera einschränkt. Zwar gibt die Kamera ein grünlich eingefärbtes, flaves Bild wieder, das di Gennaro (2002) etwas verächtlich als „Erbsensuppe“ beschreibt, nur um dann die Qualität dieses „Rohdiamanten“ sehr lobend zu beschreiben. Sämtliche Bildparameter können direkt auf der Festplatte optimiert und als Metadaten aufgezeichnet werden, ohne dass man die Rohdaten dabei verändert. Diese Metadaten bilden in der Farb-Lichtbestimmung Orientierungspunkte für den gesamten Look des Films.

Eine weitere Verbesserung der Bildqualität wird durch die Vergrößerung der CCDs zu erreichen sein. Das Format 2/3-Zoll – eigentlich für den Reportagebereich entwickelt – wird mit zunehmendem Einsatz von digitalen Kameras im Spielfilmbereich zu überwinden sein. Spielfilme müssen ihre *mise-en-scène* nach rein inhaltlichen und dramaturgischen Erfordernissen umsetzen können. Eine Technologie, die diesem Desiderat nicht nachkommt, wird langfristig nicht überleben können. Im Moment sprechen noch die Kostenfaktoren, die mit der Diagonale des Chips exponentiell ansteigen, für die praktizierte Technologie. Ein weiteres Problem stellt der Stromverbrauch von sehr gro en CCDs dar, der ihren Einsatz in der mobilen Kameratechnik erheblich einschränkt.

Schon wurde indes von Foveon ein Chip entwickelt, der ähnlich einer Filmemulsion die Farben Rot, Grün und Blau in verschiedenen Schichten filtert und damit die Prismentechnologie, wie sie heute üblich ist, obsolet erscheinen lässt. Die Firma selbst spricht ihrer Erfindung beinahe magische Fähigkeiten zu (Hubel 2002). Foveon benützt dazu die natürliche Eigenschaft von Silikon, Wellenlängen unterschiedlicher Farbe in Abhängigkeit von der Schichttiefe auszufiltern.

Könnten also größere CCDs in dieser Technologie in digitale Filmkameras eingebaut werden, würden damit zwei derzeitige Problemfelder wegfallen: die große Schärfentiefe sowie die eigentümliche Wiedergabe von unscharfen Bildteilen. Ein solcher CCD würde den Einsatz von normalen, bisher gebräuchlichen 35-mm-Kameraobjektiven ermöglichen und damit das Handling mit einer Reihe von bereits bestehenden Accessoires vereinfachen und gleichzeitig den Zugriff auf ein großes Angebot unterschiedlichster Objektive ermöglichen. Als weiterer Effekt würde diese Anlage die Empfindlichkeit von digitalen Kameras erweitern, da ohne Strahlenteilung Öffnungen bis Blende 1,2 möglich sind.

Mit der Weiterentwicklung von Speichermedien, die zweifelsohne stattfinden wird, weil diese Anforderungen auf dem gesamten Sektor der computerisierten Datenverarbeitung bestehen, werden auch die Kompressionsraten ge-

gen Null tendieren. Langfristig muss jedoch das Problem der Datensicherheit und -archivierung gelöst werden. Denn eben dieser evolutionäre Wandel von Speichermedien führt dazu, dass Formate einem raschen Wechsel unterworfen sind. Werden Filme heute digital aufgenommen, so muss sicher gestellt sein, dass diese Daten in unkomprimierter Form archiviert und immer wieder dem neusten Stand der Technik entsprechend gespeichert werden. Solange das Endprodukt von digitalen Bildaufzeichnungen noch in Filmform vorliegt, wie das derzeit der Fall ist, sind die Anforderungen an Archivierung und Speicherung dieselben wie sie allgemein für Film gelten. Irgendwann allerdings, in nicht allzu ferner Zukunft, werden die analogen Bilder ohnehin alle digitalisiert. In der klassischen Photographie jedenfalls hat dieser Umbruch schon längst eingesetzt.

Obwohl massenmediale Produktionsformen die Tendenz haben, ihre technischen Grundlagen zu dissimulieren, besonders dort, wo sie einen Realitätseffekt anstreben, wünscht man sich doch, dass innovative Kameralente und Regisseure den Mut aufbringen, sich auf die Eigenheiten des digitalen Bildes einzulassen und diese in einer spezifischen Ästhetik des digitalen Films zur Geltung zu bringen.

Literatur

- Alleysson, David (2002) *Caractérisation couleur dans la chaîne cinématographique numérique: Projection et visualisation*. Unveröff. Ms. Lausanne: Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne.
- Anklin-Mühlemann, Regula / Gschwind, Rudolf (2001) *Farbphotographie* [Vorlesungs-Skript]. Basel: Institut für Medienwissenschaften, Abteilung für Bild- und Medientechnologie der Universität Basel.
- Argy, Stephanie (2001) Striking „Digital Prints“. In: *American Cinematographer*, April 2001, S. 76-78, 80-82, 84-85.
- Baudrillard, Jean (1988) Videowelt und fraktales Subjekt. In: *Philosophien der neuen Technologie*. Hrsg. v. Ars Electronica. Berlin: Merve Verlag, S. 113-132.
- Black, Max (1972) Wie stellen Bilder dar? In: Ernst H. Gombrich / Julian Hochberg / Max Black: *Kunst, Wahrnehmung, Wirklichkeit*. Frankfurt: Suhrkamp, S. 115-154.
- Bürcher, Matthias (2002) HD-Postproduktion. Präsentation an der Tagung des Forschungsprojekts „Digitales Kino“ am 27.9.2002 in Zürich.
- Carroll, Noël (1988) *Philosophical Problems of Classical Film Theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Commission Supérieure Technique de l'Image et du Son (2002) *Présentation – Débats. De l'essai parallèle 35mm/24p*. Paper zu einem Testscreening in Paris, 18.1.2002.
- Flohr, Hans (1993) Hirnprozesse und phänomenales Bewusstsein. Eine neue, spezifische Hypothese. In: *Interdisziplinäre Perspektiven der Kognitionsforschung*. Hrsg. v. Helmut Hildebrandt und Eckart Scheerer. Frankfurt: Lang.
- Flusser, Vilém (1999) *Ins Universum der technischen Bilder*. 6. Aufl. Göttingen: European Photography. Zuerst 1985.
- (1988) *Krise der Linearität*. Bern: Benteli.
- Foerster, Heinz von (1988) Wahrnehmen. In: *Philosophien der neuen Technologie*. Hrsg. v. Ars Electronica. Berlin: Merve Verlag.
- Gennaro, Joe di (2002) *The Snake is Out of the Box*. Online: http://www.2-pophd.com/articles/printer_21.shtml.
- Giesen, Rolf / Meglin, Claudia (2000) *Künstliche Welten. Tricks, Special Effects und Computeranimation von den Anfängen bis heute*. Hamburg/Wien: Europa Verlag.
- Göock, Michael (2002) Digital Lab oder: ein Ausblick auf die nahe Zukunft. Interview mit Hans Henneke. In: *Weltwunder der Kinematographie* 6, 2002, S. 361-372 (= Aufstieg und Untergang des Tonfilms. Hrsg. v. Joachim Polzer).
- Gröning, Philip (2002) *Ästhetische Aspekte der digitalen Bildproduktion*. Videoaufzeichnung eines Gesprächs mit Patrick Lindenmaier an der Tagung des Forschungsprojekts „Digitales Kino“ in Zürich am 27.9.2002.
- Hochgürtel, Gisbert (2001) *24p. Digitale Cinematographie*. Köln: Sony.
- (2002) *24p. Digitale Kinematographie mit der HDW-F900*. Gau-Heppenheim: Mediabook Verlag.
- Hubp, Daniel (2002) 24p is Coming to a D-Cinema near You. In: *Weltwunder der Kinematographie* 6, 2002, S. 373 (= Aufstieg und Untergang des Tonfilms. Hrsg. v. Joachim Polzer).
- Hufen, Uli (2002) *Wo weniger Geld ist, ist mehr Freiheit, wie sie verstehen werden! Interview mit Aleksander Sokurov*. Unveröff. Manuskript.
- Polzer, Joachim (Hrsg.) (2002) *Aufstieg und Untergang des Tonfilms. Die Zukunft des Kinos: 24p?* Berlin: Weltwunder der Kinematographie (Weltwunder der Kinematographie 6).
- Poynton, Charles A. (1996) *A Technical Introduction to Digital Video*. New York: John Wiley.
- Roth, Gerhard / Prinz, Wolfgang (Hrsg.) (1996) *Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen*. Heidelberg: Spektrum-Verlag.
- Rudolph, Eric (2001) A Favorable Verdict for 24p. In: *American Cinematographer*, April 2001, S. 56-58, 60-65.

- Slansky, Peter C. (2002) *Die digitale Kamera*. Vortrag, gehalten auf der Tagung der FKTG am 12.6.2002 in Zürich.
- Thomson, Patricia (2001) Horror in Hi-Def. In: *American Cinematographer*, April 2001, S. 66-68, 70-72, 74-75.
- Viola, Bill (2002) *Going Forth by Day. Process/Prozess*. New York: Guggenheim Foundation.
- Webers, Johannes (1993) *Handbuch der Film- und Videotechnik. Die Aufnahme, Speicherung, Bearbeitung und Wiedergabe audiovisueller Programme*. München: Franzis.

Kinofilme im Format HD-24p (Stand 2002)

- DOGVILLE (Dänemark 2002, Regie: Lars von Trier, DP: Anthony Dod Mantle).
- RUSSIAN ARK (D/GB/Finnland/Dänemark 2002, Regie: Aleksander Sokurov, DP: Tilman Büttner).
- DIE GROSSE STILLE (D 2002, Regie und Kamera: Philip Gröning).
- VIDOCQ (Frankreich 2001, Regie: Pitof, DP: Jean-Pierre Sauvaire and Jean-Claude Thibaut).
- LUCIA Y EL SEXO (Spanien 2001, Regie: Julio Medem, DP: Kiko de la Rico).
- STAR WARS EPISODE II: ATTACK OF THE CLONES (USA 2002, George Lucas).
- LULU (Frankreich 2001, Regie: Jean-Henri Roger, DP: Renato Berta).
- LIVVAKTERNA (Schweden 2001, Regie: Anders Nilsson, DP: Per-Arne Svensson).
- HEM LJUVA HEM (Schweden 2001, Regie: Dan Ying, DP: Manne Lindwall).
- HANNOVER (Italien, China 2001, Regie: Ferdinando Vicentini Orgnani).
- RAVE MACBETH (D 2001, Regie: Klaus Knoesel, DP: Arturo Smith).
- SCHLORKBABIES an der Raststätte (D 2001, Regie: Petra Volpe, DP: Jana Marsik, Kurzfilm).
- GONE UNDERGROUND (D 2000, Regie: Su Terhan, DP: Michael Ballhaus, Kurzfilm).
- THE FILMS OF THE FISHES (D 2001, Helma Sanders-Brahms, DP: Thomas Mauch, Kurzfilm).
- THE INVITATION (Regie: James Erskine, DP: John-Martin White, Kurzfilm).
- JOUR DE CHANCE (Belgien 2001, Regie: Frédéric Ledoux, Kurzfilm).