

Bildsensoren – ist größer besser?

Digitale Kameras erobern zunehmend den Filmsektor. Das führt dazu, dass die Größe von Bildsensoren, die in digitalen Kamerasystemen eingesetzt werden, und deren Einfluss auf Bildqualität, Kameratechnik und gestalterische Möglichkeiten diskutiert wird. Die Autoren geben im Beitrag Antworten auf einige grundlegende Fragen.

Digital cameras are capturing the film industry. This article considers the size of image sensors used in digital cameras and the effect these sensors have on image quality. It also looks at a wider range of camera technology and design options. The authors provide some answers regarding basic questions.

Einleitung

In den letzten Jahren wurden digitale Kameras immer populärer und erobern nunmehr aufgrund ihrer immer umfangreicheren Eigenschaften nach und nach auch den Filmsektor. Vergleichbar zu den Entwicklungsschritten bei Konsumenten-Kameras und Fotoapparaten müssen die jeweils neuen Produkte mehr Bildpunkte (Pixel) haben sowie empfindlicher oder kleiner bzw. größer sein. Derzeit wird immer öfter auch die Größe von Bildsensoren, die in modernen digitalen Kamerasystemen eingesetzt werden, und deren Einfluss auf Bildqualität, Kameratechnik und gestalterische Möglichkeiten diskutiert. Was hat es damit auf sich? Welche Rolle spielt die Größe des Bildsensors und die Art der Anwendung? Im Folgenden versuchen die Autoren, Antworten darauf zu finden.

Technik Größe

Wird der Einfluss der Größe eines Bildsensors betrachtet, stellt sich die Frage, was damit

gemeint ist. Sicherlich ist der naheliegende Gedanke, dass große Bildsensoren solche mit einer großen lichtempfindlichen Fläche sind. Das stimmt auch, aber um den Einfluss der Bildsensorgöße auf die Aufnahme von Bildsequenzen zu untersuchen, muss man noch ein paar Randbedingungen beachten. Zuerst einmal, bedingt durch die historische Entwicklung von Filmkameras und Fotoapparaten, gibt es Optiken und Objektive, die an die Formate des Filmmaterials angepasst waren und auch heute noch eingesetzt werden (Bild 1). Bei der Auflösung, das heißt, der Anzahl der Bildpunkte, wird angenommen, dass es sich bei den Bildsensoren um solche handelt, die wenigstens eine volle HD-Auflösung von 1920 x 1080 Pixeln und mehr haben.

Als Grenze für die folgende Diskussion über die Vor- und Nachteile großer Bildsensoren sei das 16-mm-Filmformat gewählt. Das heißt, alle Formate die kleiner sind, zählen zu den „kleinen Bildsensoren“ und die Bildsensoren, die größer sind, werden als „große“ Bildsensoren angesehen. In Tabelle 1 sind die im Bild 1 gezeigten Sensorformate¹⁾ mit ihren

Seiten-Dimensionen und Kamerabeispielen aufgeführt. Wenn die realen Kameras nicht exakt dem Format entsprachen, sind sie dem nächstliegenden Format zugeordnet, sodass die gleichen Objektive verwendet werden können. Derzeit liegt im Bereich der elektronischen Kameras der Schwerpunkt bei den kleinen Bildsensoren im 2/3-inch-Bereich und bei den großen Bildsensoren im Bereich APS-C/DX. Da bei den Spiegelreflex-Profi-Kameras mittlerweile das FX-/35-mm-Film-/Kleinbild-Format verwendet wird und diese ebenso wie „Handy“-Kameras für kleinere Produktionen bereits zum Filmen eingesetzt werden, ergibt sich die Frage nach den Qualitätsunterschieden – das heißt: ist größer besser?

Diese Frage kann aus technischer Sicht nur mithilfe von Qualitätsparametern und Randbedingungen beantwortet werden, die von der Größe direkt oder indirekt beeinflussbar sind: der Dynamik, der Auflösung (MTF), der Objektive (Bildkreis) und der Farbqualität.

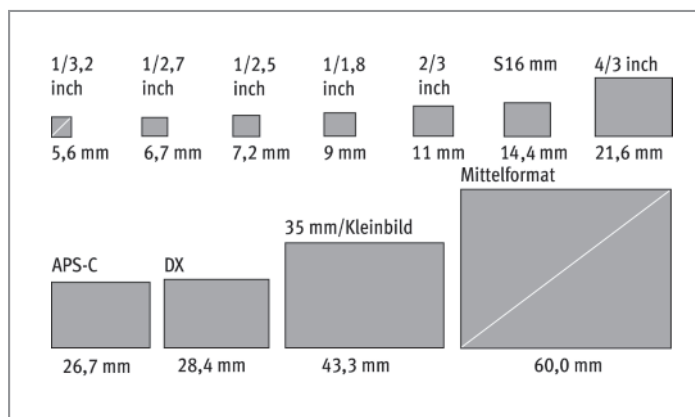
Dynamik

Die Dynamik, oder besser die Intra-Szenen-Dynamik, beschreibt das maximale Kontrastverhältnis, das ein Bildsensor in einem Bild „aufnehmen“ kann. Es ergibt sich aus zwei physikalischen Eigenschaften des Bildsensors und der Kamera, die ihn einsetzt, und ist definiert als:

$$\text{Intra-Szenen-Dynamik} = \frac{\text{Fullwell-Kapazität [e}^-]}{\text{Ausleserauschen [e}^-]}$$

¹⁾ Die Inch-Formate der Bildsensoren stammen aus den Zeiten der „alten“ Bildröhren. Aus demselben Grund entspricht die Angabe leider nie der realen Bilddiagonale, sondern ist immer größer: zum Beispiel entspricht 2/3 inch = 16,9 mm, die Bildsensor-Diagonale ist aber 11 mm.

Bild 1. Bildsensorformate im Verhältnis: Über den Bildsensoren ist die Bezeichnung des Formats angegeben und unter den Bildsensoren die Diagonale, die den erforderlichen Bildkreis bestimmt (als Hinweis ist beim kleinsten und größten Format die Diagonale als weiße Linie eingezeichnet. (Quelle: Wikipedia u. a.)



Dipl.-Ing./MBA **Michael Erkelenz (FKTG)** ist Leiter des Geschäftsfelds „Digital Capturing“ bei der P+S Technik GmbH in Ottobrunn



FKTG-Förderfirma

Dr.-Ing. **Gerhard Holst** ist Leiter der Forschungsabteilung bei der PCO AG in Kelheim



Tabelle I. Bildsensor-Formate und Kamerabeispiele

Format	Breite x Höhe (mm)	Diagonale/ Bildkreisdurch- messer (mm)	Kamerabeispiel
1/3,2 inch	4,5 × 3,4	5,6	Handy
1/2,7 inch	5,4 × 4,0	6,7	
1/2,5 inch	5,8 × 4,3	7,2	
1/1,8 inch	7,2 × 5,4	9	
2/3 inch	9,4 × 5,6	11	Sony 900R, Sony 750P, Thomson Viper
S16-mm-Film	12,4 × 7,4	14,4	
4/3 inch	17,3 × 13,0	21,6	Panasonic Lumix DLC-1, Leica Digilux 3, Weisscam HS-1
APS-C	22,2 × 14,8	26,7	Canon EOS 550D, PS-Cam X35, Weisscam HS-2, pco.dimax, pco.edge
DX	23,7 × 15,6	28,4	Nikon D90, Nikon D300, Panavision Genesis, Sony F35, Arri Alexa (image out), Red One
FX/35-mm-Film/ Kleinbild	36,0 × 24,0	43,3	Canon EOS 1D-X, Nikon D4
Mittelformat	48,0 × 36,0	60	Hasselblad

Das Ausleserauschen schließt alle Bildsensor-Rauschquellen sowie die Ausleseschaltung der Kamera ein und entspricht in erster Näherung der Varianz eines Bildes, wenn kein Licht auf den Bildsensor fällt. Um ein Bild zu erzeugen, muss das Lichtsignal des Bildsensors mindestens größer sein als das Ausleserauschen, was somit die kleinste unterscheidbare Signaleinheit im Bild ist. Die Fullwell-Kapazität ist eine Eigenschaft des Pixels, das Licht in Ladungsträger umwandelt, aber ebenso ein endliches Fassungsvermögen für

Ladungsträger hat. Das heißt, die Fullwell-Kapazität beschreibt die maximal nutzbare oder tatsächliche Füllmenge eines Pixels und entspricht dem maximal möglichen Lichtsignal in einem Bild. Ins Verhältnis gesetzt ergeben sie die Dynamik der Kamera oder des Bildsensors. Beide Größen werden von der Technologie (CCD, CMOS, sCMOS) und der Architektur des jeweiligen Bildsensors bestimmt. Ein typischer Zusammenhang ist, dass mit der Größe des Pixels auch die Fullwell-Kapazität zunimmt. Zwar nimmt bei vie-

len Bildsensoren mit der Größe des Pixels auch das Rauschen zu, aber nicht in demselben Umfang.

Die Fullwell-Kapazität eines Pixels gibt zudem das maximale Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) in einem Pixel an. Da Licht an sich auch rauscht und einer statistischen Verteilungswahrscheinlichkeit gehorcht, bestimmt sich das maximale SNR als Wurzel aus Anzahl der Photonen, was gleichbedeutend mit der In-Pixel-Dynamik ist. Ein besseres SNR ergibt eine bessere Bildqualität im Hellen, das entspricht den kleinen ASA-Werten beim Film. Von daher weisen Bildsensoren mit großen Fullwell-Kapazitäten im Hellen die bessere Bildqualität auf.

In **Tabelle II** sind die Kenndaten der Bildsensoren populärer Kameras und die Kenndaten einiger Bildsensoren aufgelistet, soweit diese Daten verfügbar waren. Da die Prüfverfahren zur Bestimmung der Blendenschritte als Dynamikbereich schlecht ver-

²⁾ Hersteller beschreiben bei den Daten zu den eigenen Produkten natürlich die positiven Seiten ihrer Produkte und lassen die weniger guten Leistungsdaten weg, was für den Anwender häufig dazu führt, dass technische Datenblätter schlecht bis gar nicht miteinander vergleichbar sind. Aus diesem Grund fand sich im Rahmen der „European Machine Vision Association“ (EMVA) vor einigen Jahren eine offene Arbeitsgruppe aus Wissenschaftlern und Kameraherstellern zusammen, die einen Qualitätsstandard erarbeiteten: EMVA1288. Dieser beschreibt, wie Qualitätsdaten von Bildsensoren und Kameras zu messen und darzustellen sind. Immer mehr Hersteller nutzen das, um ihre Leistungsdaten zu präsentieren. Tun Hersteller das nicht, liegt es bei den Anwendern, sie einzufordern (www.emva.org/cms/upload/Standards/Stadard_1288/EMVA1288-3.0.pdf).

Tabelle II. Kenndaten [1] einiger Bildsensoren

Bildsensor	Auflösung [Pixel]	Pixelgröße [µm x µm]	Breite x Höhe [mm x mm]	Diagonale/Bild- kreis-Ø [mm]	Auslese- rauschen [e ⁻] (rms)	Fullwell- Kapazität [e ⁻]	Dynamik
Panavision Genesis/ Sony F35 CCD	5760 × 2160	4,1 × 4,1	23,6 × 13,3	27,1	keine Angaben ¹⁾	keine Angaben	keine Angaben
Red One CMOS	4480 × 2304	5,4 × 5,4	24,2 × 12,5	27,3	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
Arri Alexa CMOS	3392 × 2200	8,2 × 8,2	27,98 × 18,15	33,4	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
PS-Cam X35 CMOS	1920 × 1080	11 × 11	21,1 × 11,9	24,2	19	36.000	1:1895
pco.edge sCMOS	2560 × 2160	6,5 × 6,5	16,6 × 14,0	21,8	1,1	30.000	1:27.000
ICX285AL (IT CCD)	1392 × 1040	6,45 × 6,45	8,98 × 6,7	11,2	7	18.000	1:2571
Thomson Viper CCD	1920 × 4320	5,0 × 1,25	9,59 × 5,39	11	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
T-Cam/CMOSIS							
CMV4000	2048 × 2048	5,5 × 5,5	11,3 × 11,3	15,9	13	13.500	1:1038
ICX267AL CCD	1434 × 1050	4,65 × 4,65	6,7 × 4,9	8,3	6	15.000	1:2500
MT9E013 CMOS	3264 × 2448	1,4 × 1,4	4,6 × 3,4	5,7	keine Angaben	keine Angaben	1:1000

¹⁾ Die Daten wurden den Hersteller-Datenblättern oder Wikipedia entnommen oder aus ihnen abgeleitet, wenn zum Beispiel Kantenlänge und die Pixelanzahl gegeben waren, ergibt sich daraus die Pixelgröße. In der Dynamikspalte wurde die übliche F-Stop-Angabe nicht übernommen, da die verschiedenen firmeneigenen Messungen schlecht vergleichbar sind. Die Dynamik-Angabe ist eine dimensionslose, brauchbare Angabe.

gleichbar sind, wurde auf deren Angabe verzichtet. Die schlechteste Dynamik von 1:1000 hat ein Bildsensor in einem Mobiltelefon (Tabelle II, MT9E013) mit $1,4 \mu\text{m} \times 1,4 \mu\text{m}$ Pixeln²⁾ im 1/3,2-inch-Format, wobei diese Angaben, da keine Werte für Ausleserauschen oder Fullwell-Kapazität im Datenblatt zu finden waren, mit Vorsicht zu genießen sind. Die höchste Dynamik von 1:27.000 hat eine Kamera mit einem sogenannten „scientific CMOS“- (sCMOS-)Bildsensor, der sich durch gute Fullwell-Kapazität und niedriges Ausleserauschen auszeichnet. Zusätzlich sind auch Kameras mit höheren Bildraten aufgeführt, die ohnehin immer höhere Rauschwerte aufweisen, dafür aber auch Zeitlupenaufnahmen ermöglichen.

Bild 2 zeigt im Vergleich ein 8-bit- (obere Reihe) und ein 16-bit-Bild (untere Reihe) derselben Nachtszene. Das Ausgangsbild war in den Spitzlichtern vielleicht zu 80 % ausgesteuert. In den nach rechts immer heller werdenden Wiederholungen desselben Bildausschnitts wurde nur die obere Grenze, die im 8-bit-Raum des Drucks weiß wiedergegeben wird, reduziert, um den Informationsgehalt des jeweiligen Bildes zu zeigen. Wie zu erwarten, hat das Bild mit höherer Dynamik sichtbare Vorteile, da es gerade auch im Bereich schwacher Aussteuerung eine feinere Abstufung und bessere Qualität der Helligkeitswerte ermöglicht: daher gestattet eine höhere Dynamik auch in der Postproduktion eine bessere Einstellung der Wiedergabebilder.

Auflösung – MTF

Bei den Werten für die Auflösung gibt es die unterschiedlichsten Versionen bzw. Hochrechnungen. Zuerst einmal ist die Auflösung durch die Anzahl der Pixel oder Bildpunkte gegeben. Je nachdem, ob ein Bayer-Pattern als Farbfiltermuster auf dem Bildsensor implementiert ist oder eine Lösung mit drei Bildsensoren, die jeweils nur eine Farbe sehen, sodass dann die Bilder nachträglich zusammengefasst werden, wird von „True Color“ oder „realer Auflösung“ gesprochen. Die Bayer-Filter-Sensoren haben den Vorteil, dass die Filter weniger Licht absorbieren als in der Drei-Sensor-Lösung, aber es sind immer vier Pixel mit $2 \times$ Grün-, $1 \times$ Rot- und $1 \times$ Blau-Information vorhanden, bei denen die fehlenden Farbinformationen durch mehr oder weniger gute Algorithmen bestimmt werden, und es muss keine Strahlteiler-Optik justiert werden, wohingegen die Drei-Sensorlösung eine tatsächliche Auflösung angibt, aber auch genau justiert werden muss.

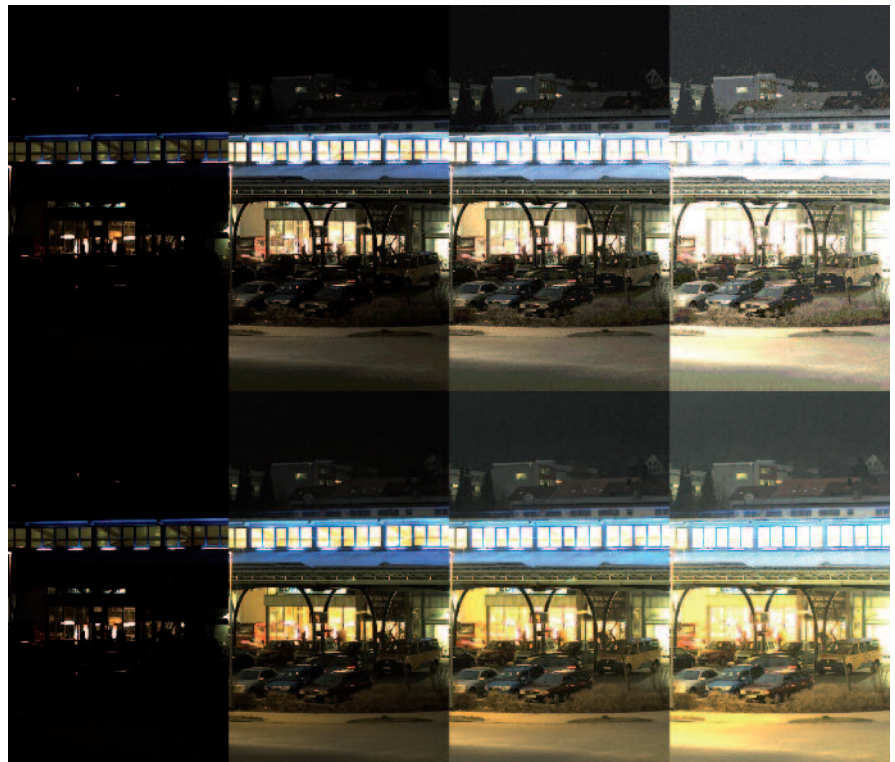


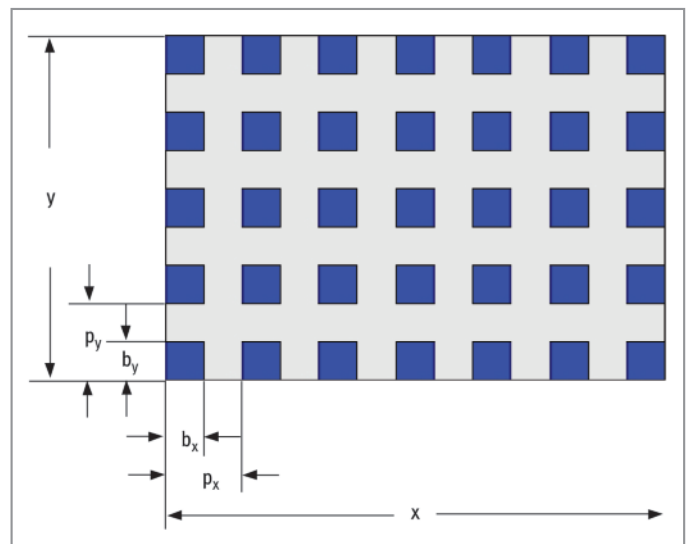
Bild 2. Eine Nachtszene, die von einer Farbkamera pco.edge mit hoher Dynamik aufgenommen wurde. In der untersten Reihe sind dieselben Ausschnitte des 16-bit-Ausgangsbilds mit unterschiedlichen Skalierungen wiedergegeben, das heißt, unterschiedlich große Wertebereiche im Originalbild werden im 8-bit-Darstellungsraum des Drucks wiedergegeben. In der obersten Reihe wurden die Ausgangsdaten auf 8 Bit reduziert, um einen geringeren Dynamikumfang zu simulieren. Danach wurden dieselben Ausschnitte ebenfalls verschieden skaliert.

In beiden Varianten werden Kameras mit ausgezeichneter Bildqualität gefunden. Allerdings ist die Pixelgröße an sich entscheidend für die Anforderungen an die Qualität der Objektive. Denn für die MTF (Modulation-Transfer-Funktion), die in Line-Pairs/mm angegeben wird, ist auf der Seite der Bildsensoren die maximale Größe durch die Abmessun-

gen der einzelnen Bildpunkte gegeben (Bild 3).

Die maximal mögliche MTF ergibt sich, wenn eine Spalte weiß und die Nachbarspalte schwarz zeigt. Zudem kann man für die meisten Bildsensoren annehmen, dass durch die Mikrolinsen auf den Pixeln das ganze Pixel als lichtempfindlich angesehen werden kann

Bild 3. Schematische Darstellung eines Bildsensors der Breite x und der Höhe y . Die lichtempfindlichen Pixel haben die Ausdehnung b_x (horizontal) und b_y (vertikal). Der Pixel hat die Größe (pitch) p_x (horizontal) und p_y (vertikal).



und die Pixel quadratisch sind ($p_x = p_y = p$), sodass sich als einfache Formulierung für die maximale Auflösung die folgenden Beziehungen ergeben:

$$MTF_{axial} = 1/2p \text{ und } MTF_{diagonal} = 1/\sqrt{2}p$$

Nimmt man aus Tabelle II den „Handy“-Bildsensor MTE9E013 als Beispiel, ergibt sich als maximale theoretische $MTF_{max} = 1/(2 \times 1,4 \mu m) = 357$ [line pairs/mm]. Das stellt eine hohe Anforderung an die Optik dar. Selbst bei der Panavision Genesis sind es immer noch 121 [line pairs/mm].

Nimmt man zum Beispiel ein C-Mount-Objektiv von Schneider, wie das „APO Xenoplan 1.4/23“ (Brennweite = 23 mm), das eine maximale $MTX_{axial} = 75$ [line pairs/mm] hat, so ist es für Bildsensoren mit Pixeln kleiner als 6- μm -Kantenlänge nur schlecht verwendbar.

Objektive – Bildkreis

Sicherlich ist es allgemein bekannt, dass man für größere Bildsensoren ebenso größere Bildkreise ausleuchten muss. Das wird auch technisch mit entsprechendem Aufwand möglich sein, aber generell ist zu sehen, dass mit wenigen Ausnahmen hier eher auf Bewährtes zurückgegriffen wird, sodass im Allgemeinen nur wenige Objektivanschluss-/Bildkreisstandards verwendet werden.

In Tabelle III sind beispielhaft einige der häufig verwendeten Objektivanschlüsse mit dem Bildsensorformat, das sie maximal ausleuchten, und ihrem Aufmaß angegeben. Hierbei wird ersichtlich, dass nur die unteren vier Anschlüsse für große Bildsensoren geeignet sind, was Konsequenzen für MTF, Gewicht und Preis hat. *Meistens haben größere Objektive eine eher schlechtere MTF.*

Kleine Objektive mit entsprechend kleinen Blendenöffnungen haben bedingt durch diese kleine Öffnung zum Teil Beugungsprobleme, sodass ein weiteres Abblenden eher zu ungewollter Unschärfe führt, und der Bereich, in dem man die Tiefenschärfe künstlerisch zur Bildgestaltung einsetzen kann, ist auf ein bis zwei Blendenöffnungen eingeschränkt.

Farbqualität

Die Farbqualität hat nicht direkt mit der Größe des Bildsensors zu tun, aber es gibt einen indirekten Zusammenhang. Dieser trifft auf Bayer-Filter-Farbsensoren zu, die eigentlich eine real geringere Auflösung hätten. Hier haben einige Kamerahersteller begonnen ein

Tabelle III. Objektivanschlüsse mit dem Format, für das sie eingesetzt werden, und ihr Aufmaß

Anschluss	Format im Bildkreis	Aufmaß [mm]
CS-Mount	1/3 und 1/2 inch	12,52
C-Mount	1/2 inch, 16 mm, 2/3 inch, 1 inch	17.526 (0,69 inch)
B4	2/3 inch	48
Panavision PV	35 mm	57,15
Arri PL	16 mm/35 mm	52
Nikon F-Mount	35 mm	46,5
Canon EOS EF-Mount	35 mm	44

Anmerkung: jedes große Bildsensor-Format-Objektiv leuchtet die kleineren Formate ebenfalls aus

„Oversampling“ zu verwenden, das heißt, sie bilden auf mehr Pixel ab, um etwa ein volles HD-Bild mit 1920 x 1080 Pixeln zu erzeugen, was die Farbbildqualität verbessert, indem die RGB-Farbwerte pro Bildpunkt besser bestimmt werden können.

Eine solche Möglichkeit wird seit Neuestem auch bei „Handy“-Bildsensoren (s. Nokia Pure View) verwendet, dort allerdings dient es eher dazu, um so etwas wie Zoom-Effekte zu ermöglichen.

Ist technisch gesehen „größer“ gleich „besser“?

Wenn „größer“ einhergeht mit höherer Dynamik bei einem beherrschbaren Format und ausreichender Auflösung, würden die Autoren die Frage eindeutig mit ja beantworten. Ein größerer Sensor hat eine größere Auflösung, die im Falle der Bayer-Filter-Bildsensoren ein Over-Sampling ermöglicht, und bietet dadurch mehr Detailreichtum und eine gute Farbqualität. Die hohe Dynamik ermöglicht technisch gesehen einen höheren Informationsgehalt des Bildes, sodass erst in der Nachbearbeitung (Postproduktion) entschieden werden kann, wie die Rohbilddaten (s. Kasten) verarbeitet werden, um möglichst optimale Bilder zu erreichen. Aufgrund der größeren Objektive, kann die Blende effektiv zur künstlerischen Tiefenschärfe-Gestaltung verwendet werden, was bei kleinen Objektiven mit sehr kleinen Blendenöffnungen nicht oder nur schlecht möglich ist. *Für anspruchsvolle hochwertige Filmproduktionen spricht daher vieles dafür, dass größere Bildsensoren besser sind.*

Angesichts solcher Vorteile ergibt sich die Frage, warum nicht jeder Hersteller große Bildsensoren einsetzt? Eine Antwort darauf lautet: Jeder Bildsensor hat Bildfehler, manche davon sind korrigierbar und manche nicht. Es gilt bei der Halbleiterherstellung die Regel, dass die Wahrscheinlichkeit von Chipfehlern mit der Größe der Chip-Fläche zu

nimmt, sodass der Ertrag pro Wafer abnimmt. Das macht große Bildsensoren unter dem Strich in der Herstellung sehr teuer, was ebenso höhere Preise für die Kameras zur Folge hat. Meistens, wenn auch nicht notwendigerweise, sind Kameras mit größeren Bildsensoren auch größer und schwerer. Durch das größere Format werden entsprechend größere Objektive benötigt, die ebenfalls teurer und schwerer sind. Sie bieten zwar die größere Vielseitigkeit bei der Verwendung von Tiefenschärfe, haben aber ebenso größere Probleme mit Vignettierung und „Shading“, wenn sie nicht telezentrisch sind.

Von daher muss man wohl bei der Beantwortung der Frage: „Ist größer besser?“ vorher die eigenen Anwendungsprioritäten festlegen, um dann die Frage für sich beantworten zu können.

Anwendung Geschichtlich

Historisch war die Abgrenzung der Filmformate mit der unterschiedlichen Bildfeldgröße mit 35 mm und 16 mm durch die unterschiedliche technische Bildqualität geregelt (das betrifft im Besonderen die Auflösung, dabei steht 35-mm- für hohe und 16-mm-Film für geringere Qualität). Aus den technischen Unterschieden ergaben sich auch unterschiedliche Kosten in der Produktion mit allgemein höheren Kosten für 35-mm- und geringeren für 16-mm-Film. Durch die unterschiedlichen Kostenpunkte und Qualitäten ergaben sich damit auch unterschiedliche Anwendungsbereiche für 35-mm- (zum Beispiel für Werbung und Spielfilm) und für 16-mm-Film (etwa für Dokumentationen). Das vergleichsweise kleine Bildfeld der Kameras mit 2/3-inch-Sensoren wird im Fernsehbereich vor allem für Berichterstattungen und Live-Fernsehen genutzt, um unter anderem schnell und kostengünstiger als mit Film zu arbeiten. Die Qualität entsprach bis vor kurzem nicht der des Films.

Heute

Wie im Kapitel „Technik“ bereits erwähnt, ist die heutige Beantwortung der Frage: „Ist größer besser?“ daher nicht mehr ausschließlich technischer Natur, sondern wird maßgeblich durch die Anwendung mitbestimmt.

Bei den bewegten Bildern gibt es verschiedene Anwendungsbereiche mit unterschiedlichen Genres, die sich in der Produktionsform grundsätzlich unterscheiden. Da die Anwendungsbereiche vielfältig sind, sollen hier stellvertretend folgende separiert werden: *Aktuelle Berichterstattung (Nachrichten)*, *Sport- und Showübertragung (Live)*, *Dokumentarfilm*, *TV Serien Produktion*, *Feature (Fernsehfilm, Kinoproduktion)* und *Werbung*.

Diesen Produktionsformen liegen unterschiedliche Einflussgrößen wie *Technologie*, *Kosten*, *Zeit* und *Gestaltungsparameter* zugrunde:

- **Kameratechnologien** mit Groß- und Kleinbildsensoren halten in die unterschiedlichen Anwendungsbereiche Einzug. Aufgrund des generellen Ablösungs-

Rohbilddaten

Meistens wünscht man sich in der Postproduktion sogenannte Rohbilddaten (RAW data) aus der Kamera, um eine maximale Einflussmöglichkeit auf die Filmdaten zu haben. Hierbei wird gerne übersehen, dass diese Rohdaten gar nicht mehr so roh sind, denn die eigentlichen „Rohbilddaten“ wären in der Postproduktion ziemlich unverwendbar. Jeder Bildsensor hat Bildfehler wie Hot-Pixel oder defekte Pixel, die üblicherweise durch die Mittelwerte der Nachbarpixel ersetzt werden. Kein CMOS-Bildsensor zeigt eine lineare Beziehung zwischen eingestrahlttem Licht und digitalem Helligkeitswert im Bild, das heißt, das Verhalten muss linearisiert werden. Zudem sollten Inhomogenitäten in der Empfindlichkeit zwischen den einzelnen Pixeln ausgeglichen und Störmuster im Dunkelbild entfernt werden. Von daher ist jedes Rohdatenbild heutzutage mehr oder weniger vorverarbeitet – und in dieser Vorverarbeitung liegt ein Großteil der Qualität der Kamera und des Bildes. Wenn hierzu noch ein Bilddatenkanal kommt, der nur die Übertragung komprimierter Daten erlaubt, da seine Bandbreite nicht ausreichend ist, wird auch durch diese Kompression die Qualität der Rohbilddaten beeinflusst.

Bild 4. Hochauflöses Bild aufgenommen über den CMOS-Chip (1920 × 1080 Pixel) einer X35-Kamera von P+S Technik

Copyright: Spielfilm Produktion „Cold Sunday“ – Schauspielerin Adéla Petrekova



trends des Films durch qualitativ hochwertige elektronische Sensoren verwischt die historisch gewachsene Abgrenzung mit dem alleinigen technischen Qualitätsmerkmal der Bildfeldgröße. Durch die heutige technische Qualität der Groß- und Kleinbildsensoren können die jeweiligen Vorteile der Kameras für die verschiedenen Anwendungsbereiche genutzt werden.

- Abgesehen von den allgemeinen **Produktionskosten** für zum Beispiel Redaktion, Administration und eventuell auch Schauspieler fallen die technischen Produktionskosten für die Anwendungsbereiche absolut unterschiedlich aus. Während die aktuelle Berichterstattung im Fernsehen eine einfache Produktionsform von der Akquise bis zur Postproduktion und Distribution darstellt, ist die Erstellung von Kinoproduktionen entsprechend komplex. In kinematografischen Produktionen fallen in Akquisition und Postproduktion für das Personal, die Technik (Kamera, Licht, Zubehör usw.) und den Workflow höhere Kosten an (eventuell Filmabtaugung, Schnitt, Grading, höhere Datenaufkommen usw.).
- Weiterhin fallen auch die **Produktionszeiten** sowie die **Gestaltungsmöglichkeiten** je nach Anwendungen sehr unterschiedlich aus. Die Gestaltungsmöglichkeiten bei Berichterstattungen und Sportübertragungen sind im Gegensatz zu Fernsehfilm- und Kinoproduktionen sehr gering bzw. nicht vorhanden. Die Produktionszeit bis zur Distribution bei aktuellen Berichten – verglichen mit Kinoproduktionen – ist sehr gering. Im Gegensatz dazu dauert die Produktion aufwendiger Kinospiele (Features) – von der Planung über die Umsetzung am Set und in der anschließenden Postproduktion – länger.

Groß- und Kleinbildsensoren haben Vorteile in den unterschiedlichen Anwendungen und die Formate unterscheiden sich nicht mehr ausschließlich in der technischen Qualität, sondern vielmehr in der Nutzung der kompletten Ressourcen (hinsichtlich Kosten, Zeit, Technik und gestalterischen Möglichkeiten). Allerdings bleibt der Unterschied in der Produktionsweise. Es findet ein Wandel statt, der hin zur Nutzung des „best tools for the application“ führt.

TV-News (Aktuelle Berichterstattung) und Live (Sport und Shows)

TV-Anwendungen mit kleinen Sensoren und großer Tiefenschärfe erlauben schnelles Arbeiten im aktuellen und Live-Bereich. Hier sind korrekte und scharfe Bilder gefordert und eher weniger kreative Gestaltungsmöglichkeiten gefragt.

Aktuelle Nachrichtenproduktionen wie etwa TV-News können mit kleinen 2/3-inch-Sensoren einfach bedient werden. Aufgrund des flexibleren Einsatzes mit kleinen Teams (bis hin zum „Ein-Mann-Team“, dem VJ = Videojournalist), wenig technischem Equipment im Feld und einem einfachen Schnitt, ergeben sich geringere Produktionszeiten und damit niedrigere Produktionskosten gegenüber Produktionen mit großformatigen Sensoren.

Auch bei Sport und Shows mit Live-Charakter erlauben die kleinen Sensoren ein schnelles Arbeiten. Bilder müssen komplett scharf sein und den „Point of Interest“ korrekt wiedergeben, daher wird mit langen Brennweiten und großen Zoomfaktoren gearbeitet. Die kreativen Gestaltungsmöglichkeiten sind eher gering und beziehen sich oft auf Zeitlupen und den Bildschnitt oder eventuell auch auf 3D. Der technische und personelle Aufwand solcher Produktionen vor Ort ist abhängig vom Event und wird entsprechend

komplex. Die Kosten sind naturgemäß davon abhängig und können sehr groß sein.

Großformatige Sensoren mit kleiner Tiefenschärfe erfordern im Gegensatz zum Arbeiten mit kleinen Sensoren einen höheren Zeitaufwand, daher entfallen Kameras mit großem Bildfeld für diese Anwendungen.

TV-Serien-Produktion

TV-Serien sind abhängig von der Art der Produktion (Reality-TV, Daily oder Weekly Soap, Tele-Novelas, Vorabendserien usw.). Solche Produktionen sind viel komplexer als die Berichterstattung und stellen hohe Anforderungen an die Effizienz der Produktion. Die Gestaltungsmöglichkeiten und die Kosten sind hier stark abhängig von der Produktion und erreichen im Allgemeinen nicht den Aufwand von zum Beispiel Spielfilmen (Features). *Abhängig von der Detailanwendung (zum Beispiel 2D, 3D usw.) oder Art der Serie bieten kleine Sensoren Vorteile bei nichtkomplexen und große Sensoren bei komplexeren Produktionen.*

Dokumentarfilm

Die Gestaltungsmöglichkeiten bei Dokumentationen sind sehr viel höher, aber auch abhängig vom Genre (zum Beispiel Wildlife mit großer Tiefenschärfe, langen Brennweiten und eventuell Zeitlupen). Große Sensoren können in 2D einen entsprechend höheren Gestaltungsspielraum bieten und sowohl die Bilder als auch die Geschichte fokussieren. Eine große Tiefenschärfe vereinfacht und beschleunigt das Arbeiten, speziell beim Fokussieren, um scharfe Bilder vom entsprechenden Moment oder in 3D zu erhalten. Die Kosten der Dokumentarfilmproduktion spiegeln sich im technischen sowie im personellen Aufwand wider und sind oft abhängig von der Finanzierung.

Spielfilm (Fernsehproduktionen, TV-Episoden, Kinofilm) und Werbung

Produktionen im kinematografischen Bereich, wie Features, Werbung, Fernseh- und auch anspruchsvolle Dokumentarfilme setzen auf ausdrucksstarke Bilder, die das Publikum bei der Projektion emotional erreichen sollen. Zu sehen ist das sowohl bei umfangreichen Dokumentationsproduktionen (zum Beispiel Serengeti, National Geographic, BBC, TerraX) als auch bei episodischen Featu-

Tabelle IV. Bewertung von Bildsensorformat und Anwendungsbereichen

	TV			Film		Werbung
	Live	News	Serie	Dokumentation	Feature	
große Sensoren						
Kosten	-	-	-	0	+	+
Technik	-	-	-	0	+	+
Gestaltung	-	-	-	-	+	+
Zeit	-	-	-	0	+	0
kleine Sensoren						
Kosten	+	+	+	+	+	0
Technik	0	+	+	+	+	0
Gestaltung	-	-	0	+	0	0
Zeit	+	+	+	+	+	0

([+] – gut geeignet, [0] – nicht eindeutig, [-] – schlecht geeignet)

res (etwa Borgia, Spartacus, Rome) oder Kinoproduktionen sowie täglich in der Werbung.

Solche Produktionen sind komplex, das heißt, sie haben hohe Anforderungen an die technische und kreative Umsetzung und wurden häufig mit großformatigen Sensoren produziert. Durch die Komplexität entstehen höhere Produktionskosten und längere Produktionszeiten gegenüber Produktionen mit kleineren Bildsensoren. Zudem lassen sich weiterhin technische Möglichkeiten nutzen, wie zum Beispiel eine höhere Auflösung. Eine höhere Auflösung kann auch den wichtigen Vorteil einer „Surrounded View“ für den Kamerasucher bieten.

Ein Überblick – die Formate in der Anwendung

Die Entscheidung für kleinere oder größere Bildformate geht einher mit verschiedenen anderen Einflussfaktoren aus der Anwendungstechnik, wie zum Beispiel den verfügbaren Objektiven mit entsprechenden Mounts, den Aufnahmeformaten und dem anschließenden Processing in der Kamera (Image-Format 2K, 1080 und 720; RAW und HD; Farb(unter)-Abtastung; unkomprimierte und komprimierte Aufnahmen) und der Art der Kompression mit den entsprechenden Dateiformaten für den Workflow in der Nachbearbeitung.

Demzufolge kann man die Bildformate wie folgt bewerten:

- Großformate liefern die besten Möglichkeiten im Hinblick auf die kreative Gestaltung im Dokumentar- und der Kinematografie im 2D-Bereich durch die optische Gestaltung. Es lassen sich weiterhin technische Möglichkeiten nutzen,

wie zum Beispiel eine höhere Auflösung bei kleineren Pixeln bzw. ein kleineres Rauschen, die der Projektion zugutekommen.

- Kleinformate haben den Vorteil der kleineren Bauform und des schnelleren Workflows im Feld. Das kann auch den kreativen Gestaltungsmöglichkeiten zugutekommen. Kleinere Kameraköpfe sind für 3D-Applikationen und „Point of View“-Anwendungen aufgrund der physikalischen Verhältnisse gut geeignet.

Die **Tabelle IV** zeigt abschließend eine Übersicht der verschiedenen Anwendungen (Applikationen) im Hinblick auf die zu bewertenden Parameter (Kosten, Technik, Gestaltung, Zeit) in den unterschiedlichen Bildformaten. Es wird ersichtlich, dass kleine Bildsensorformate für Nachrichten und Serien speziell in HD vorteilhaft sind. Zudem sind Dokumentarfilme und kleinere Features gut in kleineren Formaten zu produzieren. Großformatige Bildsensoren haben deutliche Stärken im Feature- und Werbebereich.

Technik und Anwendung – ist größer besser?

Eine globale Beantwortung der Frage ist, wie in beiden Abschnitten besprochen, nicht möglich und auch für den Anwender nicht hilfreich. Wie bereits erwähnt, geht es um das „best tool for the application“, das heißt, die Anwendung beantwortet die Frage. Genau aus diesem Blickwinkel sollte die Frage nur unter Berücksichtigung einerseits der technischen Konsequenzen und andererseits der anwendungsbezogenen Faktoren beantwortet werden. **||**