

Digitale Schnappschüsse

Digitales Fotografieren wird salonfähig. Semiprofessionelle Digitalkameras erreichen in diesem Jahr bereits das Preisniveau guter Spiegelreflexkameras und warten mit völlig neuen Möglichkeiten des Fotografierens auf. Das beginnt bei der digitalen Weiterverarbeitung im Computer, setzt sich über den eigenen Ausdruck von Fotos oder die Ausgabe direkt auf das heimische Fernsehgerät in digitaler Qualität fort und gipfelt schließlich in der komfortablen Datenübertragung, z. B. über das GSM-Handy, wie es bei Bildreportern der Tageszeitungen schon gang und gäbe ist.

Einen Exkurs durch die Geschichte der Digitalfotografie, wie sie funktioniert und einen Blick auf den aktuellen Markt präsentiert unser Artikel.

Aus Filmen werden Bits

Es ist noch nicht allzu lange her, daß die Professionellen unter den Fotografen abschätzig das Gesicht verzogen, wenn die Industrie ihnen ihre Offerten zu den ersten digitalen Kameras machte. Fürwahr, jeder, der die Geburtswehen der Digitalfotografie nur entfernt miterlebt hat, wird bestätigen können, daß es ein steiniger Weg bis zur Consumer-Digitalkamera war, wie wir sie heute allenthalben für schon unter 2.000 DM in den Geschäften und Versandhauskatalogen, so auch bei ELV, finden.

Mißerfolge, Rückschläge, ja sogar strikte Ablehnung konventionell arbeitender Fotografen, aber auch Begeisterung für die neue Technik, Experimentierfreude und Pioniergeist (gut betuchter) Anwender ebneten der digitalen Fotografie den vergleichsweise zur gesamten Geschichte der Fotografie extrem kurzen Weg.

Welche Entwicklungen die Ursache für die Fotogeräteindustrie waren, die Entwicklung der Digitaltechnik so rasant voranzutreiben, läßt sich schon heute kaum noch nachvollziehen.

Sicherlich waren es die professionellen Bildverarbeiter wie Werbeagenturen, Lay-

outstudios und „elektronisch“ orientierte Lithografen, die die Abkehr von der konventionellen Fotografie wohl vor allem aus verarbeitungstechnischen Gründen vollziehen wollten.

Denn irgendwann landen heute alle Fotos unserer Zeitschriften, Zeitungen, Bücher und auch die Fernsehbilder in digitaler Form auf den Festplatten von Computern. Warum also den mühsamen Weg des konventionellen Fotos weitergehen, dessen Ergebnis Profis zwar recht genau vorsehen können, jedoch auch hier ist häufiger Ausschuß die ungeschriebene Norm. Ein Film muß entwickelt werden, vielfach

danach auch das Foto belichtet, entwickelt und vergrößert werden, um schließlich auf der Trommel eines Scanners zu landen, der es Bildpunkt für Bildpunkt abtastet, um es schließlich als digitale Information auf einem elektronischen Speichermedium abzulegen.

Triebfeder: „keine Zeit“

Bei einem solchen Vorgehen sind Tage oder zumindest viele Stunden bis zur elektronisch verarbeitbaren Datei die Norm, abgesehen von all den Unwägbarkeiten, die die Behandlung, der Transport und die Archivierung eines solchen empfindlichen Mediums, wie es der Fotofilm nun einmal darstellt, bereithält. Ganze Heerscharen von Kurieren sind nur damit beschäftigt, jeweils einige Dias von A nach B zu bringen, nur damit dann ein Bild gescannt und per Datenleitung zurückgeschickt werden kann.

So entstand ganz sicher der Gedanke, Fotos doch gleich digital aufzunehmen, weiterzuverarbeiten und sofort per Datenleitung zu verschicken, so daß sie ohne weiteres Prozedere direkt in ein Layout übernommen werden können. Denn ein Foto oder ein Dia in einen Haufen Pixel umzuwandeln, das können die Lithografen schon lange - per Scanner.

Vorbild Scanner

Hier wird, stark vereinfacht gesagt, eine Vorlage Punkt für Punkt mit einem Lichtstrahl abgetastet und das Reflexionsergebnis, also die Intensität der einzelnen Bildpunkte mittels eines sog. CCD-Wandlers in einen zunächst analogen Spannungswert und später per AD-Wandlung in eine digitale Information umgewandelt.

Nun, bei einem Scanner ist dies relativ einfach: die Vorlage ist fest auf einer Scannertrommel oder einer Glasplatte fixiert, und dadurch ist die Entfernung zum Aufnahmeobjekt genau festgelegt. Der abtastende Lichtstrahl trifft am Punkt seiner höchsten Fokussierung genau auf das Motiv, unser Foto. Da die Vorlage fest fixiert ist und der Lichtstrahl je nach Scannertyp mehr oder weniger genauestens definiert die Vorlage abtastet, kommt es hier auch zu keiner Verzerrung, Verfälschung oder zu einem „verwackelten“ Scan.

Die größten Probleme der Scanner liegen nach wie vor im Bereich der exakten Farbtreue gegenüber der Vorlage, alle anderen Probleme hat man durch feine Mechanik, ausgefeilte Scan-, Korrektur- und Bildbearbeitungssoftware bereits ausreichend gelöst. Die meisten modernen Scanner, vor allem im professionellen Bereich, bereiten heute dem Operator kaum noch Kopfschmerzen.

Nun kann man im wesentlichen das Ar-

beitsprinzip der Scanner auf das des digitalen Fotoapparates übertragen. Auch hier befindet sich im Strahlengang des Lichts nichts anderes als ein CCD-Chip, der seine Informationen über die Werte jedes abgetasteten Pixels mittels eines AD-Wandlers an ein elektronisches Speichermedium weitergibt.

CCD statt Film

Der gravierende Unterschied zum Scanner ist jedoch die wechselnde Entfernung zum Motiv und dessen Dynamik, sprich Bewegung, sowie die grundsätzlich andere Art der Motivabtastung.

In den Kinderschuhen der Digitalfotografie waren aufgrund der noch relativ unvollkommenen Mechanik, der langsamen AD-Wandlung und der vergleichsweise niedrigauflösenden CCD-Sensoren die Ergebnisse zunächst enttäuschend. Man erhielt unscharfe Bilder mit schwacher Durchzeichnung, wenig Schärfentiefe und unexakten Farben.

Dies bereitete vor allem den Katalogagenturen, die wirklich farbtreue Motive, sprich Mode, abzubilden hatten, große Probleme. Die „Digitalfotos“ der ersten Generation wirken auf den Betrachter darum immer flach, ihnen fehlte die Tiefenwirkung des Motivs. Zudem hatten die Fotografen natürlich Probleme mit der immer notwendigen Nachbearbeitung der Daten und taten, wie jeder Anfänger, des Guten oft zuviel, so daß man dem Bild die Computergeburt stets ansah.

Linse, Blende, Filter, Chip und aus...?

Es war halt nicht damit getan, daß man vor einen CCD-Chip einen Filter schaltete, der die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau selektiert und davor ein herkömmliches Objektiv mit Blende und Linsen.

Ein Scanner tastet das Motiv schrittweise durch mechanisches Vorbeiführen eines durch Spiegel wiederum umgelenkten Lichtstrahls ab und lenkt diesen auf den relativ zum Motiv feststehenden CCD-Chip, der somit Punkt für Punkt des Mo-

tivs als Intensitätswert „mundgerecht“ präzisiert bekommt.

Ein Farbscanner verfügt dazu über ein im Strahlengang liegendes RGB-Filter, das die spektrografischen Anteile des Lichts je nach Scanner-Arbeitsprinzip entweder auf einen komplexen Monochrom-CCD-Chip oder auf drei verschiedene Chips, jeder für eine der Grundfarben Rot, Grün und Blau, lenkt.

Nach ersterem Prinzip arbeiten zahlreiche professionelle Digitalkameras (Abbildung 1), allerdings mit hochpräziser Mechanik und hochauflösenden Monochrom-CCD-Chips; entsprechend hochwertig fallen die Arbeitsergebnisse z. B. bei Sachaufnahmen aus.

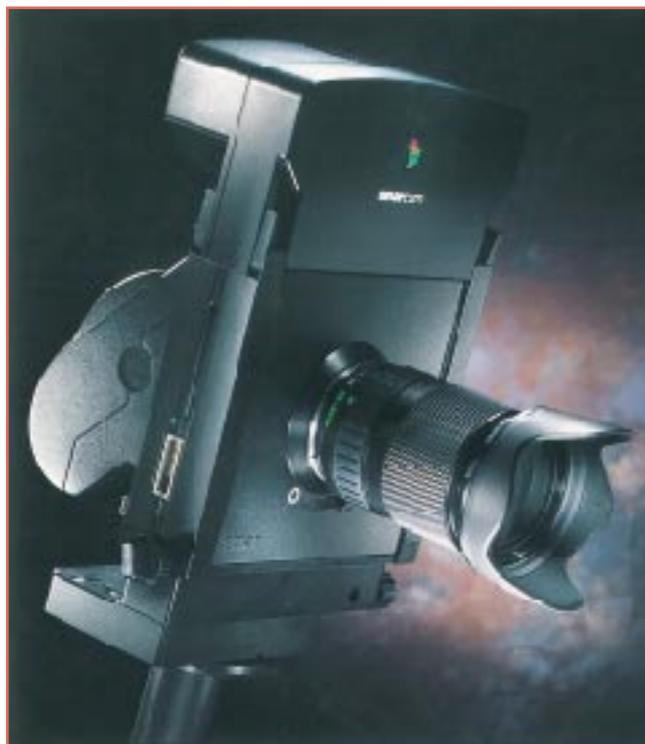


Bild 1: High-End-Kamerascannersysteme wie die Sinarcam dominieren heute die professionelle Studiofotografie. Foto: PSL

Es sind einfach kleine Scanner, die auf eine mehr oder weniger herkömmliche Fach- oder Plattenkamera als sog. Rückteil aufgesetzt werden und sich nur den abtastenden Lichtstrahl durch die Objektive der Kamera „verlängern“ lassen. Entsprechend lange dauern die Aufnahmevorgänge, es sind drei getrennte Scanvorgänge (für jede Grundfarbe einer, jeweils mit einem mechanisch vorgeschalteten Filter für diese Farbe, Abbildung 2) nötig.

Inzwischen war, vor allem in den Anfangszeiten dieser Technik, das saftige Steak für die Supermarktwerbung unter dem gleißenden (und bei den Digitalkameras aufgrund des relativ geringen Blendenspielraums nötigen) Scheinwerferlicht eingetrocknet...

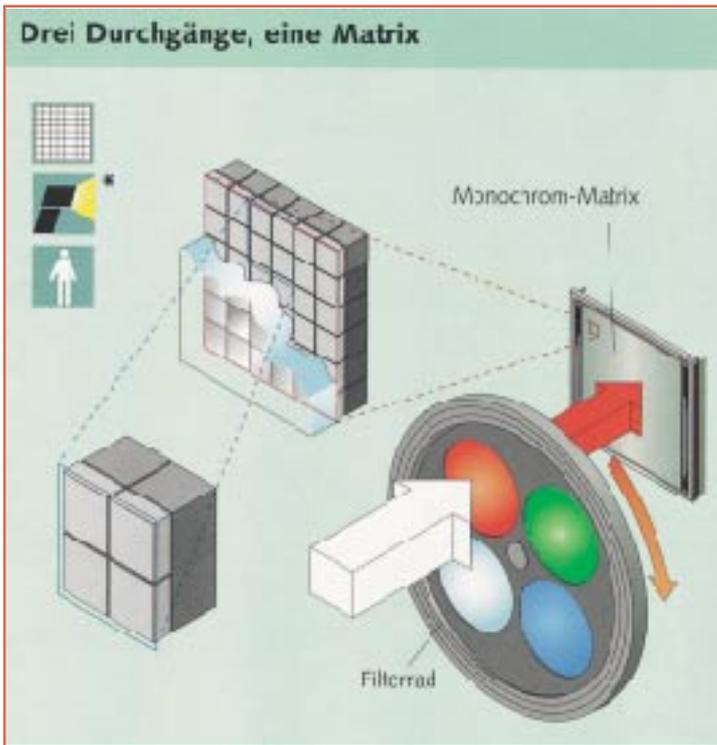


Bild 2: Ein Scansystem mit drei Farbfiltern und einem Chip tastet die Vorlage dreimal, jeweils mit einem anderen vorgeschalteten Filter ab. Grafik: Agfa

Kameras auch heute noch ihren Preis. Diese Preise bewegen sich bei den portablen „Reporter“-Kameras, die sich äußerlich kaum von herkömmlichen Spiegelreflexkameras unterscheiden, ab etwa 9000 DM aufwärts bis weit über 100.000 DM für Studiosysteme, die ohne direkt angeschlossenen Rechner nicht arbeitsfähig sind.

Die Preisregionen, die für den Normalverbraucher interessant sind, wir reden hier von der derzeitigen Preisspanne zwischen knapp 400 und gut 2000 DM, werden durch ein anderes Arbeitsprinzip bestimmt.

Alles auf einen Chip gesetzt

Hier wird nur mit einer einzigen RGB-CCD-Matrixkombination gearbeitet (Abbildung 5). Das System arbeitet wie die Prismenlösung mit einer vollständigen Bilddatenerfassung in einem Moment.

Allerdings ist hier kein aufwendiges Prismensystem vor drei getrennte CCD-Sensoren geschaltet, sondern die einzelnen Elemente des CCD-Chips sind abwechselnd mit RGB-Filtern in einem streifen- oder mosaikförmigen Muster beschichtet. Der Nachteil dieser Matrix ist der, daß die

Bild 3 (unten): So arbeitet ein Zeilen-CCD-Scanner. Ein Schrittmotor bewegt die drei CCD-Zeilen exakt über die Bildaufnahme-fläche. Grafik: Agfa

Einmal oder dreimal?

Somit kommen hier auch keine bewegten Motive in Frage, bei Scanzzeiten je Farbe bis zu 10 Sekunden ein Ding der Unmöglichkeit. Sogenannte One-Pass-Geräte, die alle drei Farben in einem Scandurchgang abtasten, „glänzten“ in der Anfangszeit durch Farbverfälschungen, Far unreinheiten und Unschärfe, sind jedoch heute aufgrund der stark verbesserten CCD-Sensoren und RGB-Filterssysteme ebenfalls weit verbreitet und liefern auch sehr gute Ergebnisse ab.

Dabei kommen wie bei den Flachbett- oder Trommelscannern sogenannte lineare CCD-Zeilensensoren zum Einsatz, die aus drei Reihen mit CCD-Elementen bestehen, die jeweils mit einem RGB-Filter beschichtet sind. Ein Schrittmotor bewegt dabei das CCD-Element zeilenweise durch die Bildaufnahme-fläche. Das Bild wird dabei Zeile für Zeile erfasst und im Computer zusammengesetzt (Abbildung 3).

Bewegungslos

Heute gewinnen vor allem im mobilen Bereich mehr und mehr Kameras mit feststehenden Scansystemen Raum. In ihnen verbindet sich die mögliche hohe Auflösung eines monochromen CCD-Chips mit dem Vorteil der Abtastung des gesamten Motivs in einem Moment und somit ein enormer Zeit- und Qualitätsvorteil.

Sie beruhen auf einem geschickt ausge-

richteten Prismensystem, das die Spektralanteile des Lichts auf drei feststehende, hochauflösende CCD-Sensoren lenkt (Abbildung 4).

Eine entsprechend aufwendige Elektronik sorgt für die Kompensation der bei optischen Systemen immer auftretenden Spektralverschiebungen und für die Anpassung an die spezielle Spektralempfindlichkeit des menschlichen Auges.

Diese Systeme eignen sich endlich auch für bewegte Motive und sind Systemgrundlage für die hochwertigen Digitalkameras, die für anspruchsvolle Außen-aufnahmen, wie

z. B. in der Sportreportage, heute fester Bestandteil nahezu jeder Bildreporterausrüstung sind. Auch in der Studio-Fotografie ziehen diese Systeme bereits entweder als Kompletogeräte oder als sog. Backpacks, also Rückteile hochwertiger Studio- und Großformatkameras wie etwa Hasselblad, Mamiya, Kodak oder Sinar ein.

Allerdings haben derartig hochwertige



Gesamtauflösung des Chips verringert wird, weil drei oder vier Elemente der Matrix verwendet werden, um ein Pixel des Bildmotivs zu erfassen.

Interpolation - der digitale Lückenbüßer

Um die dadurch entstehenden „Lücken“

im Bild zu füllen, muß bei der Zusammenrechnung des Bildes im in der Kamera befindlichen Matrixrechner eine softwaremäßige Interpolation (d. h., das rechnerische Auffüllen des Zwischenraums mit Pixeln ähnlich denen der letzten, benachbarten und exakten Abtastung) erfolgen, wodurch der Kontrast und die Farbreinheit

also 1.228.800 Bildpunkten, was vor einigen Jahren noch nicht einmal die ersten Studiokamera-Chips erreichten. Erstere Auflösung bleibt noch hinter dem VGA-Standard ($640 \times 480 = 307.200$ Pixel) zurück und kann bestenfalls als Schnappschußauflösung für das Internet dienen; letztere bietet immerhin schon hochwertig

ge Fotoqualität und ansprechende Qualität im Zeitungsdruck.

Als mittlerer Einstiegs-Standard hat sich tatsächlich 640×480 , also normale VGA-Auflösung durchgesetzt, niedrigere Auflösungen kommen oft nur optional zum Einsatz, um z. B. mehr Bilder auf dem internen Speichermedium oder zusätzlichen Begleitton aufnehmen zu können. Diese Standardauflösung zielt natürlich auf die große Kundengruppe, die ihre Bilddaten vornehmlich per Computer weiterverarbeiten möchte und weniger an die Anschaffung eines Fotoprinters denkt.

Auch die oft mögliche Direktausgabe auf das Fernsehgerät wird durch diese Auflösung noch zufriedenstellend unterstützt.

Auflösung, CCD, so mancher wird sich sicher fragen, was sich dahinter verbirgt, weshalb wir auch zum tieferen Verständnis der grundsätzlichen Aufnahmetechnik kurz darauf eingehen wollen.

Geladener Chip

CCD-Sensoren (engl. Charge Coupled Devices) gleichen von der Funktionsweise und auch von der Spektralempfindlichkeit dem menschlichen Auge.

Hier wie dort wird die Intensität des einfallenden Lichts in elektrische Signale umgewandelt und an das Gehirn bzw. bei der Kamera an die AD-Elektronik weitergeleitet. Helligkeitsunterschiede und Farbunterschiede werden beim Auge an verschiedenen Stellen der menschlichen Netz-

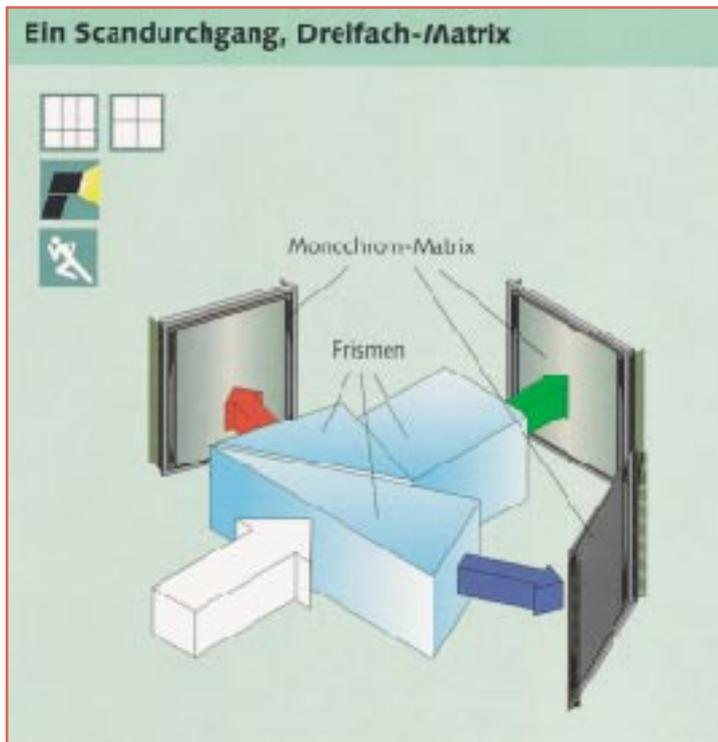


Bild 4: Eine ausgeklügelte Prismenanordnung sorgt im statischen CCD-System für die Aufteilung des Lichtspektrums in die drei Grundfarben und die entsprechende Belichtung von drei CCD-Matrixanordnungen. Grafik: Agfa

dieses Aufnahmeverfahrens leiden. Wesentlicher Vorteil ist die kostengünstige Realisierung des Gesamtsystems Kamera. Dennoch werden auch hier durch den enormen Fortschritt bei der Steigerung der Pixelanzahl der CCD-Sensoren durchaus professionelle Ergebnisse erreicht, wie z. B. die Olympus C 800 L, die Kodak DC 120 und die Canon PowerShot 600 derzeit unter Beweis stellen.

Diese Kameras liegen kostenmäßig im Preissegment unter bzw. knapp über 2000 DM und bilden derzeit einen Quasi-Standard unter den semiprofessionellen Digitalkameras.

Punkt für Punkt...

Qualitätsmäßiges und damit preisliches Hauptunterscheidungsmerkmal der Consumerkameras ist neben elektronischen Raffinessen vor allem die Auflösung des eingesetzten CCD-Chips.

Während preiswerteste Kameras gerade einmal 320×200 Pixel Auflösung, sprich 64.000 Bildpunkte bieten, erreichen die semiprofessionellen Modelle immerhin Auflösungen von bis zu 1280×960 Pixeln,

Bild 5: Die Matrixanordnung vieler CCD-Zellen ermöglicht die Bildaufnahme in einem Moment. Grafik: Agfa



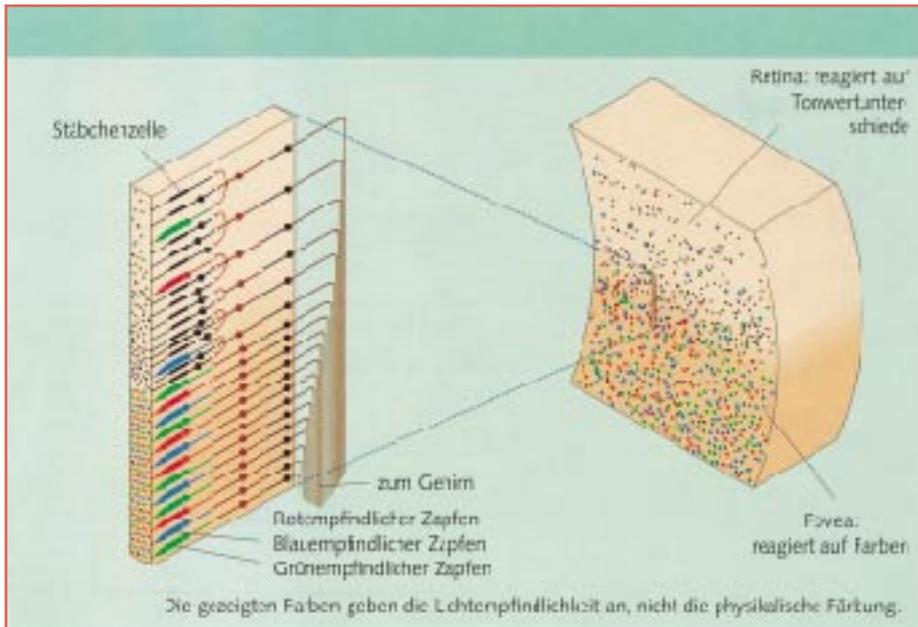


Bild 6: So unterscheidet unsere Netzhaut Farb- und Helligkeitswerte und gibt sie als elektrische Impulse an das Gehirn weiter. Grafik: Agfa

haut registriert und entsprechend an das Gehirn weitergeleitet (Abbildung 6). So erklären sich auch zahlreiche Augenkrankheiten, die durch partielle Netzhautschäden hervorgerufen werden wie z. B. Farbenblindheit trotz sonst scharfen Sehens.

Interessanterweise setzt sich für den Menschen ein Farbbild lediglich aus den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau zusammen, wie in Abbildung 6 gut zu sehen ist. Entsprechend wurden in der Technik fast alle Systeme, die mit Farbe zu tun haben, ebenfalls als RGB-System ausgerichtet.

Und im Endeffekt arbeitet auch der CCD-Sensor kaum anders als unsere Netzhaut, er reagiert, spektral differenziert, auf die Intensität des einfallenden Lichts. Die Farbunterschiede werden hier durch vorgeschaltete RGB-Filter herausgefiltert. Hinzu kommt stets noch ein Infrarot-Filter, da die CCD-Sensorzellen sehr empfindlich auf den spektralen Bereich des Infrarotlichts reagieren und ohne Filter alle Farben stark in Richtung Rot verschieben würden.

Die Funktion des CCD-Sensors ist anhand Abbildung 7 relativ schnell erklärt.

Spätestens seit Einstein wissen wir, daß das Licht aus Partikeln, sog. Photonen besteht, die den Energietransport des Lichts bewältigen. Treffen diese energieintensiven Teilchen auf die lichtempfindliche Siliziumschicht der CCD-Zelle, entwickeln sie genug Kraft, um in der Schicht negativ geladene Elektronen aus den Siliziumatomen herauszulösen.

Jedes Element des CCD-Chips verfügt über einen elektronischen Kontakt (Gate). Durch Anlegen einer bestimmten Spannung an diesen Kontakt wird eine entsprechende Siliziumfläche darunter aufnahme-

fähig für die durch das auftreffende Licht freigesetzten Elektronen, sie wirkt als „Sammelpunkt“ für diese. Die gesamte negative Ladung der freien Elektronen in dieser Zelle ist also proportional zur Intensität des einfallenden Lichts. Die Auswertelektronik erst setzt aus diesen Millionen von Informationen Punkt für Punkt ein aus Helligkeitswerten und Farbinformationen bestehendes Bild zusammen.

Zeile oder Matrix

Wie wir nun bereits wissen, unterscheidet man zwischen sog. linearen (Zeilen-) Sensoren und den Matrixsensoren.

Erstere sind tatsächlich in drei Reihen von CCD-Zellen aufgebaut (für jede Farbe eine) und geben die Intensität des einfallenden Lichts durch Umladevorgänge als Spannung am Ende einer Zellenreihe aus.

Bei Matrixsensoren ist die Vorgehensweise etwas komplexer zu sehen. Hier erfolgt, wie bei einer Schieberegisterschaltung, das Durchschieben der Intensitätsinformation einer Zeile durch benachbarte Zeilen in einer genau bestimmten Reihenfolge.

Das Auslesen der jeweiligen durchgeschobenen Zeileninformation erfolgt zu einem definierten Zeitpunkt, kurz bevor die nächste Information an diesem Punkt ankommt. So wird die Matrix Zeile für Zeile systematisch ausgelesen, und das bei einem Minimum von erforderlichen Anschlüssen. Man kann sich das Ganze wie ein mehrstufiges Schieberegister vorstellen, dessen Informationen ständig zu einem genau bestimmten Zeitpunkt wie z. B. ein Byte ausgelesen werden.

Allein diese Ausführungen lassen er-

kennen, was eine CCD-Matrix für ein komplexes Bauelement ist. Auf einer etwas mehr als fingernagelgroßen Fläche sind Hunderttausende, ja Millionen von CCD-Zellen mit höchster Präzision untergebracht. Das läßt ahnen, warum CCD-Sensoren neben den Mikroprozessoren und den Speicherchips die teuersten und damit wesentlich für das Gerät preisbestimmenden Halbleiterbauelemente sind. Auch hier bedeutet trotz gewisser hineinkonstruierter Redundanzen wie etwa bei den TFT-Flachdisplays ein Fehler auf dem Chip unweigerlich die Endstation Mülltonne für diesen. Und Wafer sind teuer...

So ergibt sich angesichts der Auflösungsproblematik auch sofort eine Antwort auf die Frage, warum man nicht ein CCD-Element mit der gleichen Fläche, wie sie ein herkömmlicher 35mm-Film als Bildaufnahmeplatte bietet, herstellt. Denn die meisten CCD-Chips weisen eine Kantenlänge von gerade einmal 1/3" auf, mehr ist vielleicht technologisch möglich und für eine höhere Auflösung wünschenswert, aber wohl derzeit nicht bezahlbar.

Zauberwort Auflösung

In direktem Zusammenhang mit der Anzahl der Bildpunkte auf dem CCD-Chip steht die erzeugbare physikalische Auflösung des Kamerasystems, wie wir schon erfahren haben. Trivial gesprochen, entscheidet die Auflösung des Gesamtsystems Kamera über die Anzahl der erfassbaren Bilddetails. Da gilt dann die einfache Regel, je mehr, je besser.

Während also die 640 x 480-Matrix nur eine umgerechnete Auflösung von ca. 72 dpi (Dots per inch) oder auch ppi (Pixel per Inch), entsprechend 72 Bildpunkte je Zoll, ergibt, die Standard für eine Bildschirmdarstellung ist, kann erst eine 1800 x 1200-Matrix die für hochwertigen Offsetdruck geforderte Auflösung von 300 dpi bereitstellen.

Sie sehen also, die 1024 x 768 Pixel der semiprofessionellen Digitalkameras sind noch nicht ausreichend für den hochwertigen Druck und bieten auch keine Reserven bei eventuellen Vergrößerungen innerhalb der elektronischen Bild-Nachbearbeitung. Ein Vergrößerungsversuch endet unweigerlich mit einem grob gerasterten Bild, die Details gehen verloren.

Sie sind aber dennoch sehr gut für die Ausgabe z. B. auf einem Fotoprinter, der z. B. in 120 dpi druckt, oder zum Druck auf einem Laserdrucker geeignet.

Nicht beliebig groß

Die Anzahl der Pixel in einer Matrix-CCD oder die Anzahl der von einer dreifach linearen CCD erfaßten Meßwerte er-

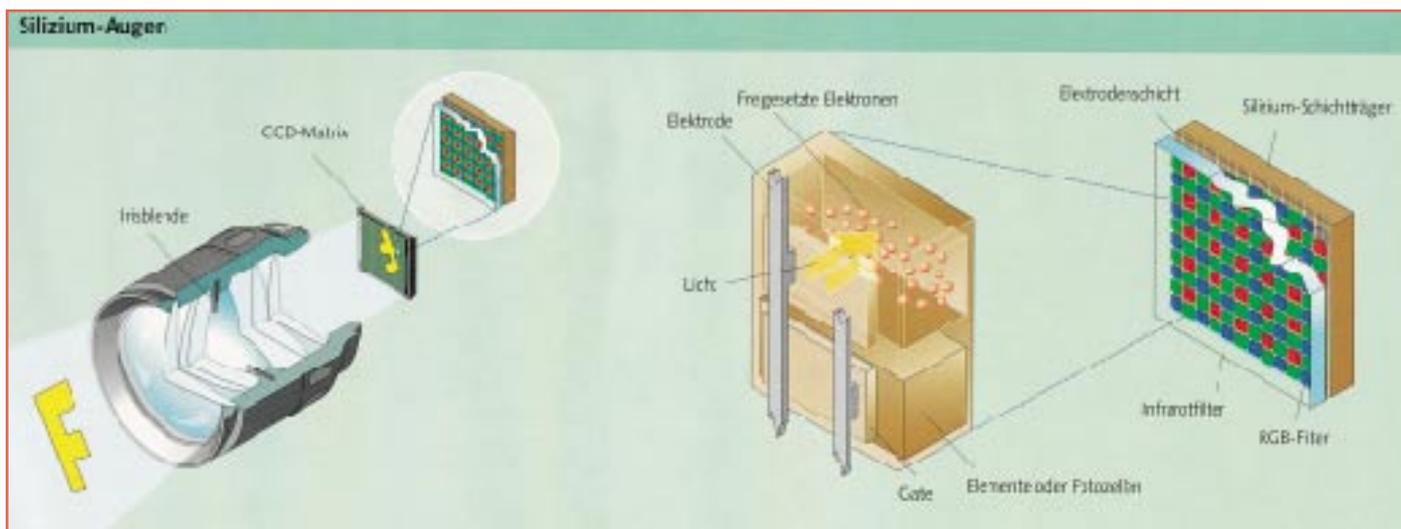


Bild 7: Die Umladevorgänge im CCD-Chip werden durch die energiereichen Photonen des Lichts ausgelöst. Grafik: Agfa

möglichst es neben der erreichbaren Druckqualität auch, die maximal durch den Chip auslegbare Bildgröße festzulegen. So kann z. B. einmal als Vergleich zu den semiprofessionellen Kameras, erst eine CCD-Matrix von 2048 x 2048 eine Bildgröße in Druckauflösung (300 dpi) aufnehmen, die etwa einer A5-Seite entspricht.

Damit soll eindeutig gesagt werden, daß Kameras mit geringeren Auflösungen nur durch Interpolation und ggf. Verkleinerung der Abbildung Bilder ausgeben können, die auch für den professionellen Druck geeignet sind, was jedoch im Consumersegment von zweitrangiger Bedeutung ist. Man sollte es jedoch wissen, wenn man einkauft und die Werbung für das Gerät in Superlativen schwelgt.

Hier wird leider häufig, wie auch bei manchen Farbdruckern der Computerbranche mit „getürkten“ Ausdrucken geworben. Deshalb der lange Exkurs durch Pixel und Auflösungen.

Auch wichtig: Farbtiefe

Abschließend dazu wollen wir noch einmal das Problem der sogenannten Farbtiefe besprechen. Diese kennzeichnet die mögliche Abstufung eines Bildpunktes in Graustufen. Auch die Farbkanäle werden eigentlich nur in Graustufen erfaßt, die Farbzuzuordnung erfolgt, wie wir bereits wissen, durch die RGB-Filter und die entsprechende Zusammenrechnung nach dem CCD-Chip.

Die Farbtiefe der meisten Consumer- und semiprofessionellen Kameras beträgt dabei 24 Bit, also acht Bit je Farbe und damit 256 Farb- bzw. Graustufen. Während bei einem Schwarz/Weiß-Bild diese Auflösung das Maximum darstellt, was das menschliche Auge verarbeiten kann, stellen 24 Bit bei Farbe den Standard dar, der heute Norm bei der Verarbeitung der

Bilder auf einem Computer ist. Damit sind 16,7 Millionen Farben darstellbar, also praktisch das gesamte Farbspektrum, das wir sehen können.

Reichen 24 Bit?

Diese Zahl 16,7 Mio. setzt sich wie folgt zusammen: Jeder Bildpunkt wird in 256 Graustufen, also einer kompletten 8-Bit-Zahl erfaßt.

Bei Farberfassung setzt sich das fertige Bild also aus 3×256 Graustufen, exakt gesagt $256 \times 256 \times 256 = 16,7$ Mio. zusammen (nicht mit Pixeln verwechseln!) - in der Computertechnik als True-color bekannt.

Hochwertigere Digitalkameras arbeiten hier schon mit 30 Bit, d. h. mit 1024 Farbstufen und ermöglichen dadurch Reserven bei der Weiterverarbeitung des Bildmaterials.

Denn an nur 8 Bit tiefen Bilddaten sind ohne Verlust an Qualität kaum Veränderungen z. B. der Helligkeit oder des Kontrastes möglich, weil ein Teil der 256 Graustufen dabei durch Interpolationsprozesse einfach „abgeschnitten“ wird.

Bitte noch ein Bit

Dazu kommen bei dieser knappen Kalkulation noch Verluste des Dynamikumfangs durch die folgende AD-Wandlung und die damit direkt zusammenhängende Anzahl der möglichen Blendenstufen. Deshalb sind die „besseren“ AD-Wandler immer ein oder zwei Bit „besser“, als es eigentlich erforderlich ist, also wird z. B. ein 10Bit-AD-Wandler für die Erzeugung von letztendlich 8 Bit Farbtiefe je Kanal und dem möglichen Tonwertumfang von 8 Blendenstufen eingesetzt.

Die Bittiefe von 30 Bit ist für das Auge eigentlich nicht erforderlich, jedoch sind

die Daten dann quasi ohne Verluste weiterverarbeitbar. Dazu kommt, je weiter die Farbtiefe bzw. die Anzahl der Graustufen heraufgesetzt werden, ein sich immer mehr erweiternder Tonwertumfang. Dieser ist faktisch verantwortlich für den Umfang des sich im fertigen Bild wiederfindenden Tonwertspektrums zwischen tiefschwarz und weiß. Ist das Tonwertspektrum zu gering, ist auch die Anzahl der Abstufungen zwischen diesen beiden Extremen zu gering, das Bild ist dann zu dunkel oder zu hell, je nach Aufnahmeumgebung.

Deshalb z. B. haben heute schon einfache Flachbettscanner eine Farbtiefe von 30 Bit und mehr, Trommelscanner arbeiten mit 48 Bit Farbtiefe, was dem Lithoprofi einen enormen Spielraum beim Bearbeiten und Umwandeln von Bilddaten gibt und es dem Layouter ermöglicht, solch ein Bild auch im gewissen Rahmen elektronisch zu vergrößern.

Im übrigen, bei der Speicherung und anschließenden Weiterverarbeitung bis zum fertigen Druckfilm etwa werden heute üblicherweise alle Daten sowieso auf 8 Bit je Farbe reduziert. Die Bearbeitung sollte also vorher erfolgen, sofern man über eine höher aufgelöste Datei verfügt.

In diesem Zusammenhang danken wir der Firma Agfa, Vertriebsgesellschaft für grafische Systeme, für die Bereitstellung umfangreichen Illustrationsmaterials zu diesem Thema.

Wer tiefer in die Problematik der digitalen Bildverarbeitung, des Scannens und der digitalen Farbe einsteigen möchte, kann die gerade für Einsteiger äußerst informativen Agfa-Broschüren über ELV beziehen (siehe Angebotsteil).

Doch genug der Theorie, sehen wir uns im zweiten Teil des Artikels den derzeitigen Consumermarkt inklusive zugehöriger Daten in der Preisklasse bis ca. 2000 DM einmal näher an.

ELV