

Nachstehender Artikel erschien in AV-DIALOG 3/2009.

Einige Angaben und Verweise sind nicht mehr aktuell. Inzwischen beherrschen viele Programme und Webbrowser das Farbmanagement.

Ein Einblick ins Farbmanagement

Schön bunt

Von Klaus Fritzsche

Kameras mit Adobe-RGB-Farbraum, Wide-Gammut-Monitore und Beamer mit erweitertem Farbraum versprechen dem engagierten Fotografen noch schönere Bilder. Der läuft dabei jedoch Gefahr, ein farbliches Desaster anzurichten. Aber was sind die Problemfelder?

■ Das Maß der Dinge ist zunächst das menschliche Auge, mit dem wir ein bestimmtes Farbspektrum sehen können. Die in der Fotografie verwendeten Geräte, also Kameras, Scanner, Monitore, Beamer und Drucker, können nicht das gleiche Farbspektrum verarbeiten wie das menschliche Auge, sondern nur einen Ausschnitt davon. Deshalb ist eine fotografische Reproduktion auf dem Bildschirm oder dem bedruckten Papier nicht identisch mit dem fotografierten Objekt.

Dass diese Reproduktion trotzdem recht gut gelingt, liegt an dem standardisierten Workflow, den uns die Hersteller von Fotogeräten und Bildbearbeitungswerkzeugen vorgeben. Oder – bei höheren Ansprüchen an die Güte der Reproduktion – an einem verlässlich arbeitenden Farbmanagement. Das wiederum stellt einige Ansprüche an den Workflow. Welche das sind und für wen das überhaupt wichtig ist, soll in diesem Artikel behandelt werden.

Betrachten wir zunächst den einfachen Workflow, den nahezu alle (Hobby-) Fo-

tografen nutzen, weil sie an den vorgegebenen Einstellungen nichts verändern. Dieser wird manchmal als „Consumer-Workflow“ bezeichnet, was weniger mit „schlechter Qualität“ als mit „sehr zuverlässig“ übersetzt werden sollte.

Die Fotokamera speichert dabei die aufgenommenen Bilder im sRGB-Arbeitsfarbraum (Begriffserklärungen siehe Kasten am Ende), die Bildbearbeitung nutzt ebenfalls den sRGB-Farbraum, der Standard-Monitor zeigt in etwa die Farben des sRGB-Farbraums an, der Drucker nimmt seine Bilddaten im sRGB-Modus entgegen und ebenso der Internet-Bilderdienstleister. Der Standardfarbraum sRGB wird von vorne bis hinten durchgängig benutzt. Alles passt zusammen, es gibt keine Probleme und in der Regel keine gravierenden Farbabweichungen. Also alles bestens?

Nicht ganz, denn die Monitor-darstellung ist in dieser Arbeitskette der größte Unsicherheitsfaktor. Der Monitor kann Bilder zu hell, zu dunkel, zu rot, zu blau oder sonstwie falsch darstellen. Dabei ist der Monitor ein äußerst wichtiges Glied in der

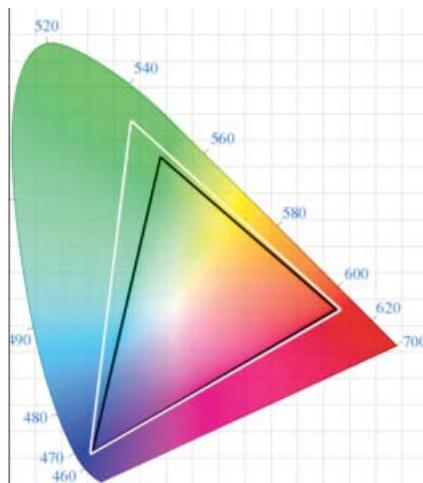
Arbeitskette, denn bei der visuellen Beurteilung eines Bildes verlassen wir uns weitgehend auf eine korrekte Darstellung am Bildschirm. Abhilfe schafft die Kalibrierung des Monitors, und die ist heute mit entsprechenden Messgeräten problemlos möglich. Ein Kolorimeter im Preisbereich von 100 bis 200 Euro gehört zu den sinnvollsten Anschaffungen, wenn regelmäßig mit digitalen Bildern gearbeitet wird.

Für viele Bilder dürfte mit einem kalibrierten Monitor tatsächlich alles bestens sein, für einige jedoch nicht. Zum Beispiel Motive mit hoher Farbsättigung können mit sRGB nur unvollkommen dargestellt werden. Das Farbspektrum guter Tintenstrahldrucker kann mit sRGB ebenfalls nicht ganz abgedeckt werden. In solchen Fällen lässt sich mit größeren Farbräumen ein besseres Ergebnis erzielen. Damit sind wir bei dem Workflow für die „höheren Ansprüche“. Die damit verbundenen Fallstricke sollten jedoch nicht unterschätzt werden. In den folgenden Absätzen werden einige der Problemfelder angesprochen.

Konsequenzen eines großen Farbraums

Fehlinterpretation von Adobe-RGB

Bei der üblicherweise verwendeten Farbtiefe von 8 Bit pro Farbkanal kann jede Farbe 256 Helligkeitsstufen unterscheiden, die mit den Zahlenwerten von 0 bis 255 codiert werden. Die 0 steht für Schwarz und die 255 steht für die größte Helligkeit. Wenn wir den Rotkanal betrachten, steht 255 für das „schönste“ Rot des jeweiligen



Qualitativer Vergleich (nicht maßstäblich) zwischen sRGB (schwarze Linie) und Adobe-RGB (weiße Linie). Die gesamte farbige Fläche entspricht dem CIE-Lab-Referenzfarbraum.

Farbraums. Der sehr häufig genutzte sRGB-Farbraum (das kleine s steht für standardized und/oder für small) ist an den Farbraum eines durchschnittlichen Monitors angelehnt und ist bei den meisten Kameras, Scannern und Programmen der voreingestellte Farbraum. Der ebenfalls sehr gängige Adobe-RGB-Farbraum kann im Vergleich zu sRGB Farben darstellen, die stärker gesättigt sind, vor allem im Grün- und Cyanbereich. Das intensivste Rot, das sRGB darstellen kann, wird in sRGB mit dem Zahlenwert 255 codiert. Der gleiche Farbton im Adobe-RGB-Farbraum hat aber den Zahlenwert 219. Daraus sehen wir, dass der Zahlenwert alleine eine Farbe nicht hinreichend kennzeichnet. Erst wenn wir wissen, auf welchem Farbraum sich die Zahl bezieht, wird daraus ein verbindlicher Farbton. Diese verbindlichen Farben sind in einem Referenzfarbraum definiert, der



Die drei Beispielbilder stammen aus der gleichen Raw-Datei, haben jedoch verschiedene Farbprofile eingebettet: Links sRGB, Mitte Adobe-RGB und Rechts ProPhoto-RGB. Mit Photoshop geöffnet würden alle drei Bilder gleich aussehen. Mit einem Bildbetrachter, der kein Farbmanagement unterstützt, sehen die Bilder unterschiedlich aus.



Da stimmt doch was nicht? Richtig, dieses Bild enthält ein Profil, das die Farben Rot und Grün vertauscht. So wie links sieht das Bild aus, wenn der Bildbetrachter kein Farbmanagement unterstützt. Mit Photoshop wäre die Ampel richtig. Mit diesem Testbild erkennen Sie sofort, ob Ihr Bildbetrachter/-bearbeitungsprogramm Farbmanagement unterstützt oder nicht. Bild: www.pixelteacher.de



Hier ein Vergleich von einem Bild mit Adobe-RGB Farbraum (Links) und nach der Umwandlung in sRGB (Mitte). Im Bild Rechts sind die Stellen grau maskiert, an denen bei der Wandlung nach sRGB Farbwerte verloren gehen. Das ist bei der Sonnenblume und bei den Maiskolben der Fall. Tatsächlich ist der Farbverlust bei diesem Bild jedoch marginal, zwischen Links und Mitte ist kaum ein Unterschied zu bemerken. Um mögliche Unterschiede überhaupt auf dem Monitor für die Screenshots darstellen zu können, wurde die Farbsättigung um 20% reduziert (nur für die Darstellung, nicht im Bild).

Im unteren Beispiel die gleiche Situation, hier ist der Unterschied zwischen Adobe-RGB (Links) und sRGB (Mitte) aber schon etwas deutlicher.



durch Versuche mit Menschen ermittelt wurde, der sogenannte CIE-Lab Farbraum (auch kurz Lab genannt).

Wichtig ist, dass ein Programm, mit dem ein Bild betrachtet, bearbeitet oder ausgedruckt wird, erkennt, welchem Farbraum ein Bild zugrunde liegt. Deshalb sollte jeder Bilddatei ein sogenanntes Farbprofil zugeordnet sein. Ein solches Farbprofil ist eine Beschreibung des jeweiligen Farbraums im Vergleich zum CIE-Lab Referenzfarbraum. Man kann sich ein Farbprofil wie einen Rucksack an der eigentlichen Bilddatei vorstellen. Ein Bildbetrachtungs- oder -bearbeitungsprogramm, das Farbmanagement unterstützt, liest die Bilddatei sowie das angehängte Farbprofil und verrechnet die Bilddaten mit dem Profil. (Enthält eine Bilddatei kein Farbprofil, wird es immer wie sRGB interpretiert.) Aus einem sRGB Pixelwert 255 und einem Adobe-RGB Pixelwert 219 wird dank des Farbprofils der gleiche Farbton auf dem Monitor. Leider ist es nicht selbstverständlich, dass die einschlägigen Programme Farbprofile beachten. Es gibt z. B. nahezu keine Internet Browser, die das tun. Wenn ein Bild mit Adobe-RGB-Farbraum auf einer Internetseite steht, interpretieren die meisten Browser das Bild wie ein sRGB-Bild, und dann wirkt es flau. Dasselbe passiert bei den meisten Internet-Bilderdiensten. Viele Labore unterstellen, dass die Bilddateien im sRGB-Farbraum vorliegen. Das Ergebnis bei Bildern in anderen Farbräumen ist entsprechend schlecht. Bei manchen Bildbetrachter-Programmen muss das Erkennen des Farbprofils explizit aktiviert oder ein Plug-In geladen werden.

Nicht zuletzt muss bedacht werden, dass die Farben des Adobe-RGB-Farbraums

auf einem Standard-Monitor nur begrenzt zu sehen sind.

Wide-Gammut-Monitore

Fehlinterpretation von sRGB

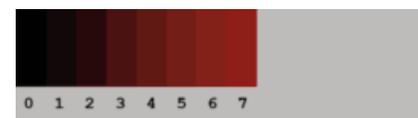
Ein weiteres Problemfeld sind die sogenannten Wide-Gammut-Monitore, die in letzter Zeit verstärkt im mittleren Preissegment angeboten werden. Die Bezeichnung ist ziemlich schwammig und heißt zunächst nur, dass der Monitor mehr Farben als sRGB darstellen kann. Zwar beeindruckt die „tollen“ Farben erst mal, dem ernsthaften Bildbearbeiter kommen jedoch schnell Zweifel, ob es auch die „richtigen“ Farben sind. Außerdem: Ein großer Farbraum alleine macht noch keinen guten Monitor aus.

Ein Monitor oder Beamer mit größerem Farbraum als sRGB verlangt zwingend nach Farbmanagement. Eine Kalibrierung des Monitors sorgt dafür, dass die Grafikkarte den Monitor so ansteuert, dass alle Tonwerte neutral dargestellt werden. Das genügt aber noch nicht für die farbrichtige Darstellung eines Bildes. Hinzu kommt: Die Bildbetrachtungssoftware muss nicht nur wie oben beschrieben das Farbprofil des Bildes auswerten, sondern auch das bei der Kalibrierung erzeugte Profil des Monitors beachten. Ist dies nicht gewährleistet, wird ein Monitor, der z. B. genau den Farbumfang von Adobe-RGB anzeigen kann, nur solche Bilder richtig anzeigen, die auch im Adobe-RGB-Farbraum vorliegen. In der Regel ist der Farbraum eines Wide-Gammut-Monitors aber irgendwo zwischen sRGB und Adobe-RGB. Deshalb

ist eine Umrechnung vom Arbeitsfarbraum des Bildes zum Monitor- bzw. Beamerfarbraum nötig. Und das bieten nur wenige Programme; es versagen selbst solche, die das Farbprofil einer Bilddatei erkennen.

Größe und Tiefe

Zunächst scheint es naheliegend zu sein, dass ein großer Farbraum besser ist als ein kleiner, lassen sich doch damit mehr Farben darstellen. Tatsächlich darf man aber die Farbraumgröße nicht unabhängig von der Farbtiefe betrachten. Ein einfaches Beispiel soll das veranschaulichen. Dabei denken wir uns ein Farbsystem mit einer Farbtiefe von nur drei Bit pro Farbkanal. Damit lassen sich acht verschiedene Helligkeitsstufen pro Farbe darstellen. Der Einfachheit halber ist nur der Rot-Kanal dargestellt. Zunächst betrachten wir einen „kleinen“ Farbraum. Der Wert 0 steht für Schwarz und der Wert 7 steht für das beste und schönste Rot, das dieser Farbraum darstellen kann. Die Abstufung der einzelnen Farbwerte ist relativ fein. Dann betrachten wir den „großen“ Farbraum. Auch hier steht der Wert 0 für Schwarz und der Wert 7 aber für ein intensiveres Rot als beim kleinen Farbraum. Es fällt auf, dass die Abstände zwischen den einzelnen Farbwerten größer



Kleiner Farbraum (oben) und großer Farbraum (unten)



geworden sind, die Auflösung ist nicht mehr so fein. Wenn man davon ausgeht, dass die meisten Farben eines durchschnittlichen Bildes mit dem kleinen Farbraum dargestellt werden können, und das beste Rot des kleinen Farbraums im großen Farbraum mit dem Wert 4 codiert ist, dann stehen für das genutzte Farbspektrum nur noch 5 statt 8 Stufen zur Verfügung. Die Helligkeitsverläufe im großen Farbraum sind nicht so fein aufgelöst und es sind vielleicht sogar Helligkeitsstufen erkennbar. Das gilt umso mehr, wenn in dem Bild noch Tonwertkorrekturen vorgenommen werden! Diesem Nachteil des großen Farbraums kann man nur begegnen, in dem man eine höhere Farbtiefe verwendet. Prinzipiell gibt es nur die beiden Farbtiefen mit 8 Bit oder 16 Bit pro Farbkanal. Eine Farbtiefe von 16 Bit ist das Mittel, um eine gute Farbauflösung zu erhalten. Leider erkaufte man sich das mit dem doppelten Bedarf an Speicherplatz. Im JPG-Format lassen sich 16-Bit-Bilder gar nicht speichern und beim TIF-Format versagt die gängige LZW-Komprimierung (sie produziert größere Dateien als unkomprimierte TIF-Bilder).

Um die übliche 8 Bit Farbtiefe gut auszunutzen, sollte der benutzte Farbraum nicht größer sein als notwendig. Adobe-RGB ist diesbezüglich noch ziemlich unkritisch, weil er nur „etwas“ größer ist als sRGB. Der sehr große Farbraum ProPhotoRGB ist dagegen bei 8 Bit Farbtiefe schon grenzwertig. Solche Bilder sollten zumindest nicht mehr weiter bearbeitet werden.

Die Empfehlung für Bilder, die in mehreren Schritten bearbeitet werden, ist deshalb, die Bearbeitung mit 16 Bit Farbtiefe vorzunehmen (und ggf. im TIF-Format zwischenspeichern). Nach Fertigstellung

kann getrost auf 8 Bit Farbtiefe zurückgewandelt werden. Denn auch die Ausgabegeräte wie Monitor und Beamer verarbeiten nur 8 Bit Farbtiefe.

In der Praxis ist allerdings festzustellen, dass viele Bilder recht „robust“ sind und trotz mehrfacher Tonwertkorrektur bei 8 Bit Farbtiefe kaum sichtbare Mängel aufweisen.

Wer braucht es?

Nach dieser Betrachtung verschiedener Problemfelder kann man abwägen, mit welchen Farbeinstellungen man die tägliche Arbeit vollbringt. Das sollte niemals eine spontane Entscheidung sein ohne Berücksichtigung der Konsequenzen.

Der Farbraum sRGB ist der kleinste gemeinsame Nenner der ganzen Verarbeitungskette mit dem einen Nachteil, dass bei manchen Bildern kein optimales Ergebnis erzielt wird. Dafür lässt sich, wenn konsequent mit sRGB gearbeitet wird und der Bildschirm kalibriert ist, nahezu sicherstellen, dass in der Regel kein schlechtes Ergebnis produziert wird.

Ein Aspekt ist die Langzeitarchivierung. Gut möglich, dass größere Farbräume in der Zukunft zum Standard werden wie heute sRGB. Fein raus ist, wer seine Bilder im Raw-Format archiviert. Diese können jederzeit neu exportiert werden mit der passenden Wahl des Farbraums.

Welche Programme?

Die Anwenderprogramme, die mit Farbmanagement sauber umgehen können, sind rar. Von den reinen Bildbetrachterprogrammen werden ExifPro und FastPic-

ture-Viewer empfohlen (Quelle: c't). Bei beiden muss das Farbmanagement aktiviert werden. Für die Bildbearbeitung werden neben Photoshop auch Paint Shop Pro und Gimp empfohlen. Einer der wenigen Bilderdienstleister, der Farbprofile auswertet, ist www.saal-digital.de.

Und AV-Programme? m.objects unterstützt schon seit einiger Zeit Farbmanagement. Wings Platinum berücksichtigt die Profile der Bilder und ab Version 4 wird auch bei der Ausgabe das Profil des Bildschirms bzw. Beamers berücksichtigt.

Literatur und Internetseiten

[1] *Farbmanagement in der Digitalfotografie* von Andreas Kunert.

Ein Buch für diejenigen, die alles ganz genau wissen wollen.

[2] <http://www.andreashurni.ch/farbmanagement>

Ein paar Begriffe

Farbtiefe

Die Farbtiefe gibt an, wieviele Farben in einem Farbsystem unterschieden werden können. In der Regel sind Bilddaten mit 8 Bit pro Farbkanal aufgelöst, d. h. es lassen sich 256 Helligkeitsstufen pro Farbe unterscheiden. Diese Art der Farbkodierung wird mal mit 8 Bit Farbtiefe und mal mit 24 Bit Farbtiefe (3 Farbkanäle mal 8 Bit) bezeichnet. Jedes Pixel eines Farbbildes benötigt also 24 Bit Speicherplatz. Die üblichen Dateiformate haben alle 8 Bit Farbtiefe, manche erlauben auch 16 Bit je Farbkanal. Kameras kennen auch „krumme“ Farbtiefen von z. B. 14 Bit, diese wird nur in kameraeigenen Raw-Formaten gespeichert.

Farbraum

Der Farbraum (engl. Gamut) ist eine konkrete Menge an Farben, die im RGB-Modus (oder für den Druck im CMYK-Modus) dargestellt werden. Wenn von „großen“ und „kleinen“ Farbräumen gesprochen wird, bezieht sich das auf die Menge der darstellbaren Farben. Farben, die außerhalb des darstellbaren Bereichs liegen, werden „abgeschnitten“. Das ist so ähnlich wie bei einer Über- oder Unterbelichtung, bei der alle zu hellen bzw. zu dunklen Tonwerte als Weiß bzw. Schwarz dargestellt werden. Bei einer Farbraumüberschreitung gehen die stark gesättigten Farben verloren, sie werden auf den jeweiligen Farbwert mit maximal darstellbarer Sättigung begrenzt. Es gibt eine große Anzahl von Farbräumen für die verschiedensten Anwendungen. Dabei wird unterschieden zwischen Arbeitsfarbräumen und Gerätefarbräumen.

Arbeitsfarbraum

Ein Arbeitsfarbraum heißt so, weil in ihm die Bilder bearbeitet werden. Arbeitsfarbräume sind „normalisiert“, d. h. gleiche Zahlenwerte für Rot, Grün und Blau ergeben immer einen Grauton. Die meistverwendetsten Arbeitsfarbräume sind sRGB und Adobe-RGB.

Gerätefarbraum

Ein Gerätefarbraum beschreibt den Farbumfang eines Gerätetyps oder sogar eines ganz bestimmten Gerätes, wenn es individuell kalibriert wurde. Gerätefarbräume gibt es insbesondere für Scanner, für Mo-

nitore und für Drucker.

Farbprofil

Das Farbprofil ist die mathematische Beschreibung eines Farbraums. Das Farbprofil ist notwendig, wenn ein Bild von einem Farbraum in einen anderen Farbraum umgerechnet werden soll (das ist schon bei der Ausgabe auf den Monitor der Fall). Die Beschreibung wird in sogenannten ICC-Profilen (Dateien mit der Endung .icc) gespeichert.

Die gängigen Bilddatenformate wie TIF, JPG, GIF, EPS, PSD erlauben die Einbettung eines Farbprofils. Es ist auch immer zu empfehlen, einem Bild ein Farbprofil zuzuweisen, denn nur dann können die Farbwerte eines Bildes richtig interpretiert werden. Erst mit dem Profil werden aus Zahlen Farben. Die Zuweisung des Profils macht in der Regel die Kamera oder der Scanner oder der Raw-Konverter. (Raw-Bilder selbst haben jedoch kein Farbprofil.) Wenn ein Bild kein eingebettetes Profil hat, wird das Standard-Profil sRGB unterstellt.

Farbmanagement

Farbmanagement bedeutet, dass alle Eingabe- (Scanner), Darstellungs- (Monitor) und Ausgabegeräte (Drucker) über ein (Geräte-) Farbprofil verfügen, dass Bilddateien mit einem (Arbeits-) Farbprofil versehen sind und dass zum Anzeigen und Bearbeiten von Bildern nur Software verwendet wird, die Farbprofile bei Eingabe und Ausgabe berücksichtigt. Nur dann ist die gesamte Arbeitskette bestmöglich farbverbindlich.