

Farbräume: Wie gross ist gross genug?

Eric A. Soder, Uster

Eine Digitalkamera lässt oft nur die Wahl zwischen «sRGB» und «Adobe RGB»; Raw-Konverter und Photoshop bieten dagegen mehr Profile an, und für den grafischen Bereich kursieren diverse Empfehlungen. Welches Profil ist für welchen Zweck optimal? Hier erfahren Sie, worauf es bei der Wahl des Arbeitsfarbraums ankommt.

Ein digitales Bild durchläuft von der Aufnahme bis zur Ausgabe in der Regel mindestens zwei Farbraumtransformationen: die erste, wenn die Kamera das JPEG erzeugt oder der Raw-Konverter das Bild aus dem nativen Farbraum des Aufnahmechips in den gewählten Arbeitsfarbraum konvertiert, und die zweite, wenn das Foto – bei eingeschaltetem Farbmanagement – zur Anzeige auf dem Monitor oder zum Ausdrucken in den Farbraum des Ausgabegeräts übersetzt wird. Die Bearbeitung des Bildes erfordert zuweilen weitere Farbraumtransformationen. Dabei erhält das Farbmanagement im Idealfall die visuelle Anmutung der profilierten Datei; durch die Unterschiede zwischen Quell- und Zielfarbraum birgt indes jede Transformation das Risiko von Verlusten, sei es durch «Clipping» (wenn im Zielfarbraum nicht darstellbare Farben beim farbmetrischen Rendering «abgeschnitten» werden und das Bild an den betroffenen Stellen Zeichnung verliert) oder durch Farb- und Tonwertverschiebungen (beim perzeptiven Ausgleich abweichender Farbumfänge). Die Geometrie des Arbeitsfarbraums bestimmt beim Raw-Workflow, wie gut der Farbumfang der Aufnahme ausgeschöpft wird; bei JPEG-Aufnahmen entscheidet darüber bereits die Einstellung in der Kamera, gleichzeitig wird auch der Tonwertumfang auf 8 Bit Farbtiefe je Kanal reduziert.

Digitalkameras «sehen» bunt

Der native Farbraum eines Aufnahmesensors lässt sich durch ein Eingabeprofil charakterisieren; wegen des variablen Weissabgleichs braucht es für eine Digitalkamera in der Praxis jedoch meist mehrere verschiedene Profile, streng genommen für jede Lichtart/Farbtemperatur ein separates. In

der Kamera-Firmware und bei einigen Raw-Konvertern sind die Kameraprofile als solche nicht direkt zugänglich, andere Software und selbst erstellte Profile gestatten hingegen, den von der Kamera erfassten Farbraum quantitativ zu beurteilen und mit anderen ICC-Profilen zu vergleichen. Dabei zeigt sich, dass aktuelle Digitalkameras in aller Regel einen sehr grossen Farbumfang abdecken, der sich meist bis in Bereiche ausserhalb der gängigen Arbeitsfarbräume erstreckt und erst recht die Fähigkeiten von Ausgabegeräten übersteigt.

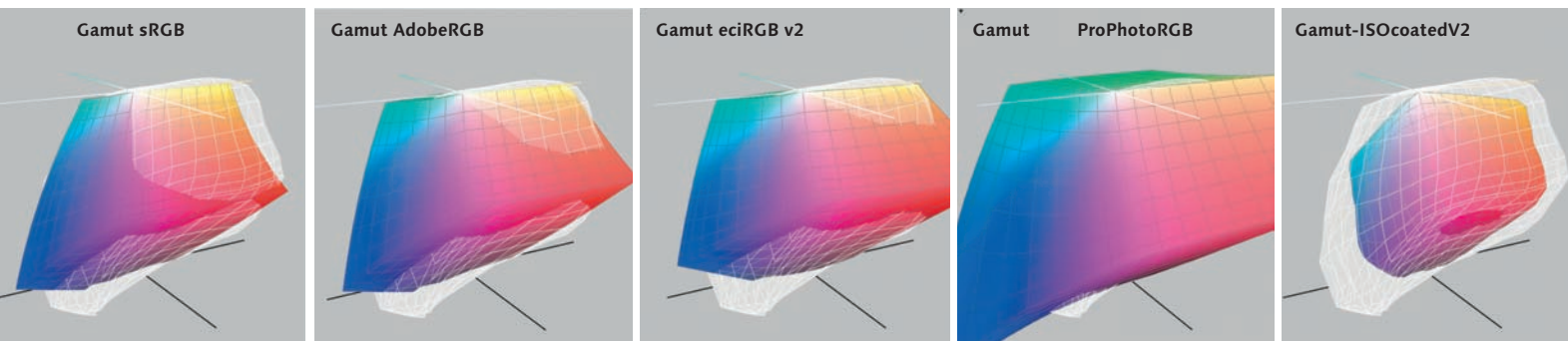
Wird der vom Sensor erfasste Farbumfang bereits in der Kamera auf Adobe RGB oder gar sRGB verkleinert und die Farbtiefe auf drei mal 8 Bit reduziert, wie dies bei JPEG-Aufnahmen zwingend geschieht, geht ein beachtlicher Teil der Bildinformation verloren, ohne dass man auf die Farbraumtransformation Einfluss nehmen kann. Das braucht einen nicht zu kümmern, wenn das Bild direkt so verwendet werden kann, also ohne oder nur mit geringfügiger Bearbeitung. Muss es schnell gehen, kann es durchaus sinnvoll sein, mit JPEGs im sRGB-Farbraum zu arbeiten; dann ist das Bild schon weitgehend dem Ausgabefarbraum angenähert – zum Beispiel für die Publikation auf einer Webseite oder in einer Zeitung. Bei diesem Vorgehen ist jedoch wichtig, dass Belichtung und Kontrast bereits bei der Aufnahme optimal eingestellt sind, weil nachträgliche Korrekturen noch mehr Bildinformation aus der Datei entfernen. Dies kann die Qualität des Bildes sichtbar beeinträchtigen.

Anforderungen für die Bearbeitung

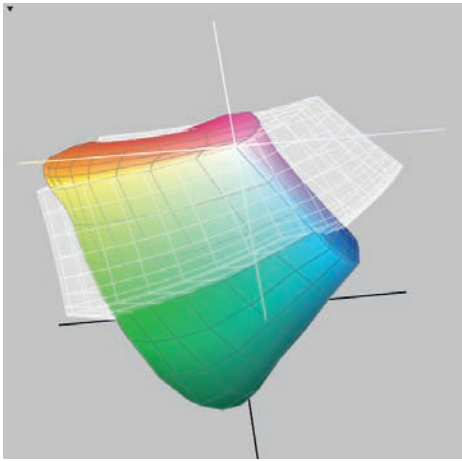
Aus technischer Sicht ist es wünschenswert, die von der Kamera erfassten Farben wenn

möglich in vollem Umfang zu erhalten, um sich für die weitere Verarbeitung alle Optionen offen zu halten. Dies erfordert einen grossen Arbeitsfarbraum. Ebenfalls möchte man in Rohbildern, die noch weiter bearbeitet werden, eine feine Differenzierung von Farben und Tonwerten erhalten, weil die Bearbeitung Reserven braucht – andernfalls können bei der Verstärkung lokaler Kontraste Tonwertlücken und Farbsprünge entstehen. Typische Beispiele solcher Artefakte sind zum Beispiel Streifen in einem blauen Himmel oder flächige Abrisse in (oft dunklen) Hauttönen, ähnlich wie sie bei starker JPEG-Kompression auftreten. Rohdaten in hoher Bittiefe reduzieren dieses Problem, und gerade bei einem grossen Farbraum sind feine Nuancen überhaupt nur mit einer Farbtiefe von mehr als 8 Bit pro Kanal zuverlässig zu differenzieren.

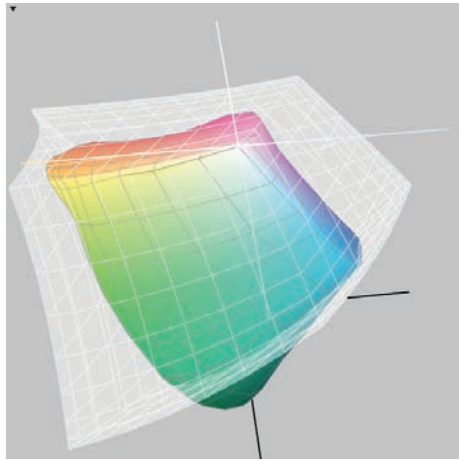
Als Arbeitsfarbraum empfiehlt sich ein standardisierter, geräteunabhängiger Farbraum. Den ultimativen Farbumfang würde theoretisch $L^*a^*b^*$ bieten (auch CIELAB oder kurz Lab genannt), denn dieser Referenzfarbraum umfasst alle für uns Menschen sichtbaren Farben. Lab ist jedoch weniger praktisch als das RGB-Farbmodell, da die chromatischen Komponenten a^* und b^* anders funktionieren als die technische Umsetzung in Ausgabegeräten, welche auf den Modellen RGB oder CMY(K) beruht. Zudem ist Lab so gross, dass dieser Farbraum für die Datenarchivierung mit 8 Bit Farbtiefe nicht zu empfehlen ist. Der Wertebereich für a^* und b^* reicht jeweils von -128 bis $+127$; in der Natur kommen jedoch nur Farben vor mit a^* von -70 bis 100 und b^* von -60 bis 110 . Somit bleiben bei 8 Bit pro Kanal je 85 von 255 Farbtonstufen ungenutzt – also ein ganzes Drittel des Wertebereichs. Mit 16 Bit



Das weisse Drahtgitter zeigt den Farbraum einer Digitalkamera, farbig überlagert sind die Farbräume sRGB, Adobe RGB, eciRGB v2, ProPhoto RGB und zum Vergleich der Ausgabefarbraum ISO coated v2 (Offsetdruck).



Ein moderner Tintenstrahl-Fotodrucker (farbig) kann eine beachtliche Menge Farben ausserhalb des sRGB-Farbraums (weiss) wiedergeben.



Demgegenüber deckt eciRGB v2 (weiss) den Druckerfarbraum (farbig) viel besser ab.

Farbtiefe belegen die Dateien jedoch doppelt so viel Speicherplatz. Gegenüber Lab nutzen RGB-Farbräume die Farbtiefe besser aus und sind praktischer in der Handhabung.

Ein oft vernachlässigtes Problem ist, wenn ein grosser Arbeitsfarbraum gar nicht mehr vollständig am Bildschirm dargestellt wird. Man sieht dann während der Bildbearbeitung nicht die tatsächlich in der Datei beschriebenen Farben, sondern nur das, was der Bildschirm davon wiedergeben kann, und läuft Gefahr, das Bild so stark zu «korrigieren», dass Farben im Extremfall bis in den «Science-Fiction-Bereich» hinaus verschoben werden, also eine höhere Farbsättigung erhalten als die reinen Spektralfarben von Licht mit Wellenlängen zwischen 380 und 770 Nanometer, welche im Lab-Farbraum auf der Kontur der bekannten «Schuhsohle», dem Spektralfarbenzug liegen. Wird ein derart übersättigtes Farbbild auf einem anderen Gerät ausgegeben, sind unvorhersehbare Resultate programmiert, oft verbunden mit dramatischen Zeichnungsverlusten durch Clipping.

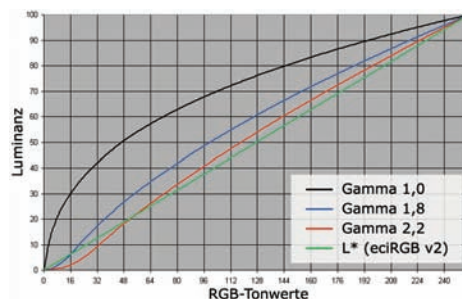
Gamma und Tonwertkurve

Das Gamma einer Tonwertübertragungsfunktion ist die Potenz, in die der Eingabewert erhoben wird, um den Ausgabewert zu erhalten. Oder andersherum: Das Gamma ist gleich dem Logarithmus des Ausgabewerts geteilt durch den Logarithmus des Eingabewerts. Bei einem RGB-Farbraum mit linearer Tonwertkurve – das heisst: mit Gamma 1,0 – verhält sich der Ausgabewert genau proportional zum Eingabewert. Je höher das Gamma, um so mehr hängt die Kurve nach unten durch, und der mittlere Eingabewert (127 von 255) ergibt einen immer geringeren Ausgabewert. Das bedeutet, dass bei höherem Gamma ein Tonwertsprung um jeweils eine Einheit in den dunklen Bildbereichen (kleine Werte ab 0) eine

geringere Helligkeitsänderung bewirkt als in den hellen Bereichen (grosse Werte bis 255). Somit können die Tiefen auf einer Tonwertskala mit hohem Gamma besser differenziert werden, dies jedoch zu Lasten der Lichter.

Das Gamma des Farbraums bezieht sich also auf die erwartete Charakteristik der Ausgabe, etwa die Eigenschaft eines Monitors oder Druckverfahrens. Beim Digitalisieren eines analogen Signals kommt jeweils eine Gammakorrektur mit dem Kehrwert des Ausgabe-Gammas zur Anwendung, damit die nichtlinear verzerrte Ausgabe wieder möglichst genau dem ursprünglich aufgezeichneten Signal entspricht. Historisch fusst dieses Vorgehen auf der Charakteristik von Röhrenverstärkern bzw. Bildröhren, deren elektrisches Verhalten ziemlich genau einer Gammafunktion entspricht. Auch der Punktzuwachs im Offsetdruck mit autotypischem Raster lässt sich mit einer Gammafunktion annähernd beschreiben.

Für die medienneutrale Speicherung von Farbbildern liegt es nahe, stattdessen die Charakteristik der menschlichen Wahrnehmung als Massstab zu nehmen, weil so mit der gegebenen Bittiefe einer Datei die höchste effektive Informationsdichte erzielt wird. Dieser Charakteristik entspricht die Funktion L^* (gesprochen: L-Star), da Lab per De-



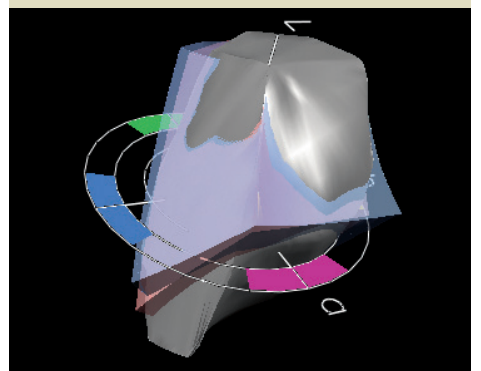
Die L^* -Luminanzkurve ergibt eine wahrnehmungsgerechte Codierung, während bei einer Gammakurve runderungsbedingte Informationsverluste auftreten.

Wann ist eine Kameraprofilierung sinnvoll?

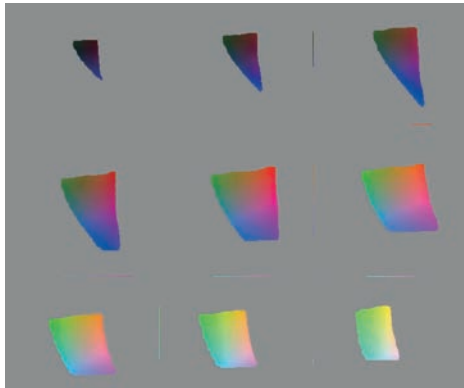
Die Farbwiedergabe einer Digitalkamera wird nach der A/D-Wandlung durch den Bildprozessor gesteuert, und zwar gemäss Programmierung des Herstellers und dem automatischen oder vorgewählten Weissabgleich. Nur bei Raw-Aufnahmen kann nachträglich auf den unkorrigierten digitalen Output des Sensors zugegriffen werden. Dies ist in zwei Fällen interessant: wenn eine andere als die durch die Kamera vorgegebene Gradation gewünscht wird und wenn der automatische/manuelle Weissabgleich bei der Aufnahme fehlerhaft war. Beides kommt in der Praxis durchaus vor.

Für Aufnahmen mit höchstmöglicher Farbtreue – im Studio unter konstanter Beleuchtung – kann für diese gegebene Lichtsituation ein ICC-Profil erzeugt werden, um die Aufnahmen einheitlich zu korrigieren. Dazu braucht es einen Referenzchart und eine Profilierungssoftware, zum Beispiel den «Digital Color Checker SG» von X-Rite, zusammen mit dem Programm Eye-One Match oder ProfileMaker. Der Chart wird mit der zu profilierenden Beleuchtung und Kamera fotografiert, dann errechnet die Software das Profil. Damit lässt sich die Aufnahmeserie im Stapelverfahren farbkorrigieren. Allerdings sollte man sich bewusst sein, dass ein Kameraprofil im Rohbild vorhandene Bildinformation verfälschen oder vernichten kann, wenn diese ausserhalb des Tonwertumfangs des zugrundeliegenden Charts liegt. Ferner bringt eine spätere kanalweise Tonwertspreizung die mittels Kameraprofil korrigierte Graubalance wieder durcheinander. Auf eine Auto-Tonwertkorrektur ist in diesem Fall zu verzichten; stattdessen darf nur noch der Schwarzweiss-Kontrast erhöht werden, falls das Bild für die Ausgabe zu flau ist.

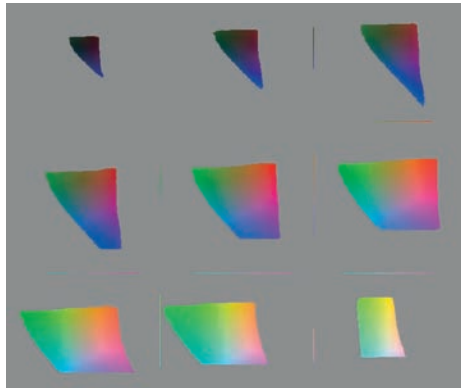
Bei Aussenaufnahmen ist eine Profilierung der Kamera fast immer müssig, weil erstens das Tageslicht schwankt und zweitens die Farbtemperatur des Lichts in der Regel bewusst als Stimmung erhalten werden und nicht auf neutral korrigiert werden soll.



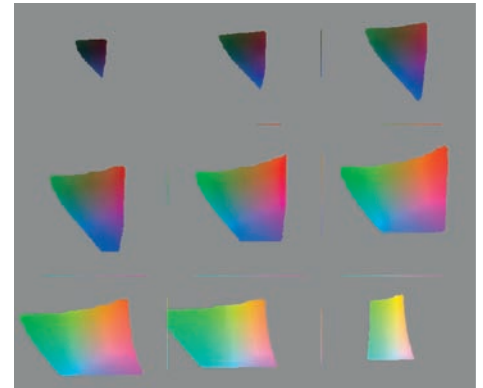
Die Farbraumdarstellung in ProfileMaker zeigt, dass die profilierte Digitalkamera (grau) deutlich mehr Farben erfasst, als sich in den Arbeitsfarbräumen Adobe RGB (rot) und eciRGB v2 (blau) beschreiben lassen.



Clipping sRGB

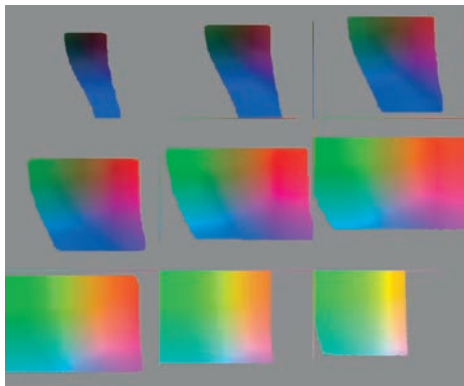


Clipping AdobeRGB

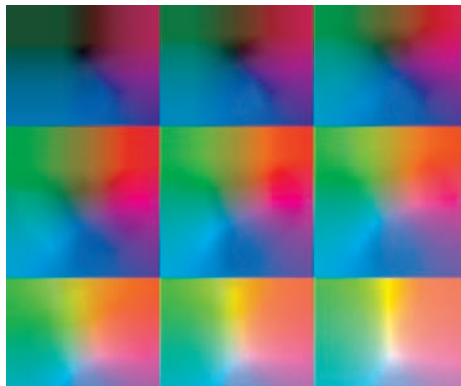


Clipping eciRGBv2

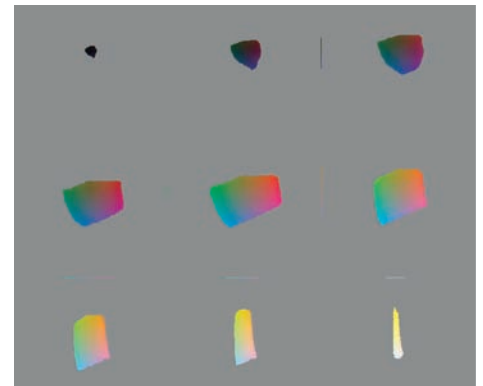
Clipping ProPhotoRGB



Clipping LAB



Clipping ISOcoated v2



Die grauen Flächen (Farbumfangwarnung in Photoshop) zeigen, welche LAB-Farben im jeweiligen Farbraum nicht darstellbar sind. Nach aufsteigender Grösse sind dies: sRGB, Adobe RGB, eciRGB v2, ProPhoto RGB. An der Darstellung der Lab-Originaldatei ist das Clipping zu erkennen: Die gesättigten Farben zum Rand hin sind im Offsetdruck «out of gamut», wie die entsprechende Abbildung der Farbumfangwarnung für das Offsetprofil zeigt.

definition den Farbraum unserer Wahrnehmung beschreibt. Die L*-Kurve ist keine Gammafunktion, obschon sie einer solchen auf den ersten Blick ähnelt. In der Praxis hilft eine L*-Tonwertkurve, bei Farbraumtransformationen Artefakte zu verringern, zum Beispiel Abrisse und Farbkipper in Tertiärfarben (darunter auch Hauttöne) bei der Separation.

Lichtart und Weisspunkt

Eine weitere Kenngrösse eines Farbraums ist die Lichtart, aus der sich die absolute Farbe des Weisspunkts ergibt. Die beiden gebräuchlichsten Normlichtarten sind D50 (entsprechend einer Farbtemperatur von 5000 Kelvin, etwa mittleres Tageslicht) und D65 (6500 K, etwas kälter). Bei der Umrechnung zwischen Farbräumen, die für unterschiedliche Lichtarten definiert sind, müssen die Farben mittels einer so genannten chromatischen Adaption angepasst werden, sonst fällt die Wiedergabe wegen des abweichenden Weisspunkts visuell wärmer oder kälter aus. Lab ist mit D50 definiert, und auch in der Druckvorstufe nach ISO ist die Normlichtart D50 Standard; somit entfällt bei RGB-Farbräumen, die ebenfalls D50 verwenden, eine mögliche Fehlerquelle bei Farbraumtransformationen.

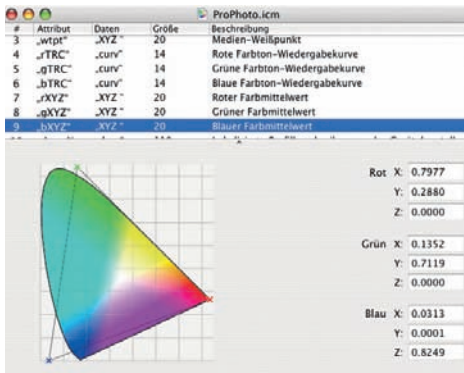
Farbräume und ihre Einsatzgebiete

sRGB – Dies ist der Standardfarbraum in der Windows-Welt und in Office-Anwendungen, die ohne Farbmanagement arbeiten. Mit einem Gamma von 2,2 und der Lichtart D65 ist er in erster Linie optimal für Bildschirmanwendungen; in zweiter Linie deckt sRGB als kleinster gemeinsamer Nenner auch gängige Druckverfahren einigermaßen brauchbar ab. Für Bildschirmanwendungen, Hobbygebrauch und in automatisierten Workflows, in denen ein lückenloses Farbmanagement nicht garantiert ist und Bilder keine oder nur eine minimale Bearbeitung erfahren, ist sRGB eine vernünftige Wahl.

Adobe RGB – Wie sRGB arbeitet Adobe RGB (1998) mit Gamma 2,2 und D65, hat aber gesättigtere Eckfarben, besonders das Grün. Im Vergleich zu sRGB deckt Adobe RGB die Farbräume moderner Fotodrucker und des Offsetdrucks auf hochwertigen gestrichenen Papieren besser ab. Diesem Vorteil steht der Nachteil gegenüber, dass Gamma und Lichtart weder mit Lab noch mit ISO-Druckfarbräumen gut harmonisieren, so dass bei der Bearbeitung und Umrechnung eher Informationsverluste und Artefakte auftreten können, speziell bei geringer Farbtiefe.

eciRGB v2 – Die European Color Initiative (ECI) hat diesen Farbraum mit Blick auf eine optimale Abdeckung von Gerätefarbräumen von der Eingabe bis zum Druck entwickelt. eciRGB v2 hat ein ähnlich grosses Volumen wie Adobe RGB, die Farborte der Eckfarben passen jedoch dank der Lichtart D50 deutlich besser zu den (Druck-)Ausgabefarbräumen, und die L*-Tonwertkurve garantiert eine verlustlose Transformation der Helligkeitswerte nach Lab und zurück sowie eine wahrnehmungsgerechtere Tonwertabstufung. Für den Import und die Verarbeitung von Rohdaten ist eine hohe Farbtiefe empfehlenswert (16-Bit-Modus), die bearbeiteten Bilder lassen sich danach gut auch mit 8 Bit je Kanal archivieren.

ProPhoto RGB – diesen von Kodak entwickelten und vergleichsweise riesigen Farbraum mit Gamma 1,8 und D50 empfiehlt Adobe für die Raw-Verarbeitung von Bildern aus High-end-Digitalkameras. Sowohl Photoshop Lightroom als auch Adobe Camera Raw nutzen ProPhoto RGB intern beim Import von Digitalkamera-Rohdaten. Sollen die Bilder in Photoshop weiter bearbeitet werden, kann es sinnvoll sein, diesen Farbraum beizubehalten; ProPhoto RGB sollte durchgängig nur mit einer Farbtiefe von 16 Bit pro Kanal oder mehr eingesetzt werden,



Zwei der drei Eckfarben von ProPhoto RGB sind so stark gesättigt, dass sie ausserhalb der sichtbaren Farben liegen.

auch zum Speichern fertig bearbeiteter Master-Dateien. Um möglichst viel des Farbumfangs von Lab im RGB-Modell abbilden zu können, liegen die Grundfarben Blau und Grün bei ProPhoto RGB ausserhalb des Spektralfarbenzugs. Es ist daher besonders wichtig, im Auge zu behalten, ob im Bild

Farben vorkommen, die sich im Ausgabefarbraum nicht darstellen lassen. Vor oder während der Farbraumtransformation muss dann ein passendes Gamut Mapping vorgenommen werden, sonst resultieren Zeichnungsverluste. ProPhoto RGB ist nichts für Anfänger, erlaubt dem Könner aber, praktisch die volle Bildinformation der Aufnahme auszuschöpfen und sie individuell für die Ausgabe anzupassen.

Fazit

Die Wahl des Arbeitsfarbraums für die Bildverarbeitung sollte sich daran orientieren, ob man lieber schnell und «sorgenfrei» zu einem brauchbaren Ergebnis gelangen möchte oder bereit ist, mehr Aufwand und Stolpersteine auf sich zu nehmen, um aus digitalen Fotos mehr Qualität herauszukitzeln. Das Problem bei häufig unumgänglichen Farbraumtransformationen besteht in der systembedingt verschiedenen Geometrie von RGB-(Aufnahme-) und CMY/CMYK-(Druck-)Farbräumen, zwischen denen der Arbeitsfarbraum und die Renderingme-

thode vermitteln müssen. Perzeptives Rendering quetscht den Quellfarbraum zusammen, bis er in den Zielfarbraum passt, und farbmetrisches Rendering schneidet einfach alles ab, was ausserhalb des Zielfarbraums liegt. Welches Verfahren in welchen Fällen «besser» ist, liegt im Ermessen der Anwender.

Je nach Betrachtungsweise und Anspruch sind die gängigen Meinungen, dass sRGB nur für Amateure sei und Adobe RGB die beste Wahl für Profis, so nicht haltbar. Der von der ECI empfohlene Standardfarbraum eciRGB v2 dürfte für viele professionelle Anwender ein interessanter Mittelweg sein, für andere mag sRGB oder ProPhoto RGB eine sinnvolle Alternative zu Adobe RGB darstellen, welches aktuell eigentlich zu Unrecht für die Verarbeitung und Archivierung kommerzieller Bilder weit verbreitet ist.

www.pixsource.com

Werden Sie **InDesign-Profi** mit unserer neuen **Kennenlern-Aktion!**

- ➔ InDesign sicher beherrschen
- ➔ Aufgaben professionell lösen
- ➔ Know-how up-to-date halten

5-teilig
nur **159,- CHF**

Überzeugen Sie sich! Fordern Sie **14 Tage zur Ansicht an!**

MEV Verlag GmbH

Wolframstraße 3
86161 Augsburg

Fon 0821-56862-0
Fax 0821-56862-11

info@mev.de
www.mev.de