

# Randgebiete

Jg 2  
Nr 2  
2005

Photographie Medienkunst interaktive Medien Typographie

**Farbsteuerung  
und Farbkontrolle**



## Zusammenfassung

Einführend werden die Grundlagen von Farbe und Licht beschrieben, die Farbmodelle RGB und CMYK definiert sowie die Farbräume CIE XYZ und CIE L\*a\*b\* eingeführt.

Schwerpunkt des Textes ist das Farbmanagement-Konzept nach dem Standard des *International Color Consortium* (ICC), der die Beschreibung der Farbeigenschaften von Ein- und Ausgabegeräten in sog. Profilen vorsieht und damit zur Qualitätssicherung im Prozess der digitalen Medienproduktion beiträgt. Wichtige Farbräume werden vorgestellt und auf ihre Tauglichkeit für anspruchsvolle Arbeiten hin untersucht.

Der Anhang verzeichnet die Quellen sowie weiterführende Literatur und enthält Farbtafeln zum visuellen Vergleich ausgewählter Farbräume.

## Impressum

Text und Photos: © 2005 by Martin Frech, berliner panorama-labor ¶ Maas & Frech GbR ¶ Postfach 48 03 21 ¶ 12253 Berlin ¶ <http://www.medienfrech.de/> ¶ Kommunikation bitte per E-Mail via <http://www.medienfrech.de/cgi-bin/mail.cgi> ¶ Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Textes, der Bilder oder der Grafiken darf ohne schriftliche Genehmigung der Maas & Frech GbR in irgendeiner Form reproduziert werden. ¶ Die erwähnten Soft- und Hardwarebezeichnungen sind in den meisten Fällen auch eingetragene Warenzeichen und unterliegen als solche den gesetzlichen Bestimmungen.

Der Inhalt wurde gesetzt mit  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}/\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X} 2_{\epsilon}$  (pdfTeX) unter Verwendung der KOMA-Script-Klassen und diverser Zusatzpakete. Einige Klassen wurden von uns nach typographischen Gesichtspunkten umdefiniert. Als Grundschrift dient die Mitte der 1980er-Jahre von Matthew Carter entworfene *Bitstream Charter*.

„Randgebiete“ ist eine Publikation aus dem berliner panorama-labor der Maas & Frech GbR und erscheint etwa viermal im Jahr; bei Bedarf häufiger. Das Themenspektrum ist weit gefasst – Photographie, interaktive Medien, Medienkunst und Typographie sind die Schwerpunkte. Dabei interessieren uns die Aspekte, die wir in anderen Zeitschriften vermissen, eben die Randgebiete unserer Themen.

„Randgebiete“ erscheint als online-Publikation im pdf-Format. Auf besonderen Wunsch und gegen Kostenerstattung versenden wir ein gedrucktes und gebundenes Exemplar.

Sie möchten bei uns veröffentlichen? Kein Problem – senden Sie uns Ihr Manuskript oder Ihre Photos, wir versprechen eine sorgfältige Prüfung.

Ihre Werbung in „Randgebiete“? Wir freuen uns über jede Unterstützung!

Bisher erschienen:

- Randgebiete 1 – 1 (2004) 1 (Oktober 2004) – **Photokina 2004**  
<http://www.medienfrech.de/randgebiete/archiv/R1-2004.pdf>
- Randgebiete 2 – 2 (2005) 1 (April 2005) – **Farbsteuerung und Farbkontrolle**  
<http://www.medienfrech.de/randgebiete/archiv/R2-2005.pdf>



Inhaltsverzeichnis		5 Farbräume	3	7 Arbeitsfarbraum	6
1 Farbe	2	6 Farbmanagement	4	7.1 Prinzip . . . . .	6
2 Licht	2	6.1 Konzept . . . . .	4	7.2 Details . . . . .	6
3 Physiologie	2	6.2 ICC-Profile . . . . .	5	7.3 Diskussion . . . . .	8
4 Farbmodelle	3	6.3 Beschaffung und Zweck der Profile .	5	8 Literatur	9
				A Farbräume (Darstellung)	10

1 Farbe

Farbe ist keine Eigenschaft von Dingen, sondern des von den Dingen abgestrahlten Lichts. Die Dinge können selbst leuchten oder vorhandenes Licht reflektieren.

2 Licht

In unserem Zusammenhang ist es üblich, Licht als elektromagnetische Schwingungen aufzufassen. Demnach ist das für uns sichtbare Licht nur ein kleiner Ausschnitt des elektromagnetischen Spektrums, das von extrem kurzwelligem Gammastrahlen über das sichtbare Licht bis hin zu den Funk- und Radiowellen reicht. Zur Beschreibung der verschiedenen Strahlungsarten dienen die Wellenlänge  $\lambda$  (in Meter) oder die Frequenz  $f$  (in Hertz); dabei gilt:  $\lambda \cdot f = c$  ( $c$  = Lichtgeschwindigkeit).

Das Licht – der für uns sichtbare Bereich des elektromagnetischen Spektrums – hat Wellenlängen zwischen etwa 380 nm (violett) und 780 nm (rot). (1 nm = 1 Nanometer = 1 Millionstel Meter) Davor liegt im Spektrum die kurzwelligere ultraviolette Strahlung (UV), danach das langwelligere Infrarot (IR). Isaac Newton – der das Lichtspektrum wohl als erster sichtbar machte – kam auf die Idee, das rote Ende dieser physikalischen Linie mit dem violetten Anfang (ganz unphysikalisch) zu einem Kreis zu schließen.

Licht wird – unabhängig von seiner spektralen Verteilung – mit der Farbtemperatur (in Kelvin) beschrieben; das gilt jedoch nur für Temperaturstrahler mit kontinuierlichem Spektrum.

Leider gibt es keine Lichtquelle, die alle Wellenlängen in der gleichen Energie abstrahlt. Es gibt auch Lichtquellen, die bei bestimmten Wellenlängen gar kein Licht aussenden oder die Natriumdampfampe, die nur monochromatisches Licht mit exakt einer Wellenlänge (589 nm) emittiert. Es ist klar, dass dieser Zusammenhang bei der Beurteilung von Körperfarben (s. u.) berücksichtigt werden muss.

Zur Schaffung einheitlicher Voraussetzung bei der Beurteilung von Farben hat die *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE, Internationale Kommission für Beleuchtung) mehrere Normlichtarten definiert. Wichtig sind die Lichtarten D65 und D50. Leider gibt es keine Lampen, die exakt diese theoretisch definierten Lichtarten erzeugen; gewisse Unsicherheiten bleiben.

D50 simuliert ein annähernd neutralweißes Tageslicht, das – aus Rücksicht auf die Farbcharakteristik von Diafilmen – nach ISO 3446 für die Abmusterung von photographischen Vorlagen vorgesehen ist; D50 ist das klassische Licht der Druckvorstufe. Für alle übrigen Anwendungen (Textil, Lack, . . .) wird das leicht bläuliche D65 empfohlen.

3 Physiologie

Ab einer gewissen Helligkeit können gesunde Menschen Farben erkennen. Das Auge zerlegt das Licht (den sichtbaren Teil des elektromagnetischen Spektrums) jedoch nicht in einzelne Wellenlängen. Vielmehr registrieren drei unterschiedliche Typen von Nervenzellen die Lichtreize nur in drei Wellenlängenbereichen (rötlich, grünlich, bläulich). Ist es für diese zapfenförmigen

Nervenzellen zu dunkel, sehen wir mit den lichtempfindlicheren stabförmigen Nervenzellen (Nachtsehen), die jedoch kaum farbempfindlich sind.

Für Techniker ist die Eigenschaft des Auges, nur zwischen drei Wellenlängenbereichen zu unterscheiden, eine feine Sache. Zum einen lässt sich so jeder Farbeindruck durch drei Zahlen ausdrücken; zum anderen kann durch Mischen dreier entsprechender Grundfarben beinahe jeder Farbeindruck hervorgerufen werden. (Man stelle sich den Aufbau von Farbfilmen vor, wenn es beispielsweise 12 unterschiedliche Zäpfchen-Zellen gäbe ...)

#### 4 Farbmodelle

In diesem Text interessieren uns die Medien rund um die Photographie. Deren Farbverhalten kann mit den Modellen der additiven und der subtraktiven Farbmischung beschrieben werden.

Das additive Farbmodell beschreibt die Farbmischung durch drei Lichtquellen mit den Primärfarben Rot, Grün und Blau; es heißt daher RGB-Modell.

Das subtraktive Farbmodell beschreibt das Farbverhalten der nicht selbst leuchtenden Dinge. Diese werden beleuchtet, reflektieren aber nur einen Teil des auftreffenden Lichts. Dieses zurückgestrahlte Licht bestimmt die Ding-Farbe (Körperfarbe). Die Grundfarben des subtraktiven Farbmodells sind die Komplementärfarben der Primärfarben des additiven Modells: Blaugrün (Cyan), Purpur (Magenta) und Gelb (Yellow). Dass beim Drucken zusätzlich Schwarz (Tiefe, Key) benötigt wird, hat rein praktische Gründe – theoretisch wäre es nicht nötig. Mit der unschönen Folge, dass die selbe Farbe durch unterschiedliche CMYK-Werte beschrieben werden kann. Das Modell wird CMYK-Modell genannt.

Für die Bilderfassung über digitale Kameras und Scanner sowie die anschließende Bearbeitung und Archivierung wird das RGB-Modell verwendet; das CMYK-Modell wird erst benötigt, wenn ein Bild für den Druck vorbereitet wird. Da es prinzipbedingt keine RGB-Drucker gibt, gilt das auch für Farblaser- und Tintenstrahldrucker (dass man aus Anwendungsprogrammen heraus scheinbar RGB-Bilder drucken kann liegt daran, dass in der Regel der Druckertreiber die RGB-CMYK-Konvertierung durchführt).

Interessanterweise hat es sich eingebürgert, RGB-Farben in absoluten Werten anzugeben (also abhängig von der Farbtiefe der Datei), während CMYK-Farben als Prozentwerte definiert werden.

#### 5 Farbräume

Ein Farbraum ist die Menge an Farben (Farbumfang, Gamut), die ein konkreter Film bzw. ein konkretes Gerät erfassen, verarbeiten oder darstellen kann.

Die ganze Farbrechnerei ist jedoch nur sinnvoll, wenn man sie auf den Farbraum der menschlichen Augen bezieht – den man jedoch nicht einfach ausrechnen oder ausmessen kann. Mit aufwändigen Untersuchungen arbeitete die oben erwähnte CIE seit 1913 an der Definition des farbmesstechnischen CIE-Normalbeobachters und der von ihm wahrnehmbaren Farben.

Man fand heraus, dass sich das Frequenzspektrum jeder Farbe aus drei Funktionen  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$  zusammensetzen lässt. Jede Farbe kann damit durch ein Zahlentripel  $(x, y, z)$  beschrieben werden, das festlegt, wie die einzelnen Funktionen zum Power-Spektrum  $P(\lambda)$  einer Farbe beitragen. 1931 und 1964 wurden diese Werte – die CIE-Koeffizienten – und entsprechende Normfarbtafeln veröffentlicht. Das System (der „XYZ-Farbraum“) basiert auf den imaginären Primärfarben  $X$ ,  $Y$  und  $Z$  für Rot, Grün und Blau. Über eine Matrix-Multiplikation kann man die CIE-Koeffizienten in RGB-Werte umrechnen – damit liegt eine Definition aller reellen Farben vor.

Mit den CIE-Koeffizienten lässt sich – als 2D-Darstellung aller sichtbaren Farben – das CIE-Yxy-Diagramm zeichnen. Y repräsentiert die Helligkeit, auf der x-Achse wird der Rotanteil der Farbe aufgetragen, auf der y-Achse ihr Grünanteil; Farben gleicher Helligkeit liegen in einer Ebene. Häufig wird nur die Ebene mit den reinen Farben dargestellt – der in allen einschlägigen Publikationen abgebildete Spektralfarbenzug (380 nm – 770 nm) der durch die „Purpurlinie“ (Mischfarben aus Violett und Rot, keine Spektralfarben) geschlossen ist. Wegen der charakteristischen Form – die den Autor jedoch eher an Zungen erinnert – wird dieses CIE Yxy-Diagramm umgangssprachlich auch als „Schuhsohle“ bezeichnet.

Farbunterschiede sind im CIE-Yxy-Modell jedoch nicht gleichabständig – wahrgenommene Farbunterschiede entsprechen nicht gleichen Entfernungen im Diagramm. Daher wurde das Modell ab 1964 zur  $u'v'$ -Farbtafel (CIE 1976 UCS, Uniform Chromaticity Scale) linear verzerrt.

Die „Schuhsohlen“ sind schön anzusehen – und werden darum wohl auch so gerne abgedruckt (obwohl die meisten der darin enthaltenen Farben gar nicht farbrichtig gedruckt werden können). Das für unser Thema wichtigere Modell ist jedoch das kugelförmige Modell CIE  $L^*a^*b^*$  – von der CIE 1976 vorgestellt. Es bietet eine gute Gleichabständigkeit bei zumutbarem Rechenaufwand (wichtig für die Implementierung in handlichen Messgeräten). Die CIE  $L^*a^*b^*$ -Koordinaten werden aus dem Yxy-Modell errechnet und mit  $L^*$  (Achse für die Helligkeit),  $a^*$  (Rot/Grün-Achse) und  $b^*$  (Blau/Gelb-Achse) gekennzeichnet;  $a^*$  und  $b^*$  werden auch als Buntheitskomponenten bezeichnet.<sup>1</sup> Dass es ernstzunehmende Kritik an der Eignung des CIE  $L^*a^*b^*$ -Modells für unsere Bildbearbeitungszwecke gibt (E. M. Granger u. a.), sei hier nicht verschwiegen ([10], [4], [20]).

Unser Problem ist nun, dass kein Film und kein Sensor den Farbumfang des CIE-Yxy-Modells reproduzieren und kein Ausgabegerät alle diese Farben darstellen kann. Die Farbräume unserer Geräte sind jeweils verschieden und immer kleiner als der des menschlichen Seh-Apparats. Die Folge ist, dass ein digitalisiertes Bild auf einem Monitor anders aussehen kann als der Druck des Scans, der wiederum wenig Ähnlichkeit mit der Vorlage haben muss.

Die klassische und über viele Jahre praktizierte Lösung bestand darin, spezielle Voraussetzungen für definierte Prozessketten zu schaffen. In geschlossenen Systemen funktioniert das hinreichend gut: der Photograph liefert ein farbverbindliches Dia oder eine entsprechende Fachvergrößerung – der Reproduktioner erzeugt daraus auf den Druckprozess abgestimmte Druckvorlagen, die einmal gedruckt und freigegeben werden (Andruck, Proof) – und der Drucker dreht schließlich so lange an den Zonenschrauben des Farbwerks der Druckmaschine bis das Druckergebnis dem Andruck entspricht.

Sollen in digitalen Arbeitsabläufen jedoch Bilder aus unterschiedlichen Quellen in unterschiedlichen Systemen bearbeitet und medienneutral für unterschiedliche Ausgabemedien archiviert werden, müssen die Farb-Schnittstellen zwischen den Systemen sauber definiert sein.

## 6 Farbmanagement

### 6.1 Konzept

Die Anregung, die oben aufgezeigte Problematik anzugehen, kam von der *Forschungsgesellschaft Druck e. V.* (FOGRA). Sie lud 1992 Firmen aus den Computer- und Photobranchen zu einem Treffen ein, bei dem sich das *International Color Consortium* (ICC) gründete. Erstes Ergebnis war der ICC-Standard von 1993, der Farbprofile für die an der Bildbe- und verarbeitung beteiligten Geräte forderte. 2003 wurde die aktuelle Version 4 des Standards veröffentlicht. [13] Diese ICC-Profile (Binärdateien, die beispielsweise die Farbmöglichkeiten von Geräten definieren) sind eine Grundlage für das Farbmanagement. Sie beschreiben die Farbeigenschaften eines Gerätes farbmétrisch – bezogen auf den geräteunabhängigen Referenzfarbraum  $L^*a^*b^*$ .

<sup>1</sup> In der Farbmétrik werden immer wieder ähnliche Symbole verwendet; das Beachten von Groß- und Kleinschreibung sowie der Auszeichnung durch Striche und Sterne ist daher wichtig.

Die Gerätefarben werden in ICC-Profilen mit Tabellen, Matrizen und Gradationskurven mit  $L^*a^*b^*$ -Farbwerten beschrieben.

Visuell eingängiger ist die Darstellung im CIE-Yxy-Modell. Da alle Gerätefarbräume Teilmengen des  $L^*a^*b^*$ -Farbraumes sind, können sie durch eine geschlossene Kurve im CIE-Yxy-Diagramm veranschaulicht werden. Bei einer Farbtiefe von 8 Bit pro Kanal wird jede Primärfarbe in  $2^8 = 256$  Abstufungen repräsentiert. Die Werte  $RGB(255; 255; 255)$  können somit (beispielsweise zu Vergleichszwecken) als Eckpunkte eines Dreiecks über der „Schuhsohle“ visualisiert werden. Je nachdem, welches Rot, Grün und Blau damit beschrieben wird, hat das Dreieck eine andere Form (und das Bild eine andere Farbigkeit). Diese Methode wird gerne verwandt, um Farbräume zu vergleichen – und verdeutlicht, warum sich die Farben eines Bildes mitunter gravierend ändern, wenn diesem ein anderes Farbprofil zugewiesen wird.

Die Farbumfänge der einzelnen Komponenten – von der Bilderzeugung über die Bildbe- und verarbeitung bis hin zur Präsentation – sind zwar weiterhin verschieden. Die Informationen in den ICC-Profilen ermöglichen jedoch die Verortung der medienspezifischen Farben der jeweiligen Datei (RGB oder CMYK) im medienneutralen Farbraum CIE  $L^*a^*b$  (s. o.) – und damit auch die Verrechnung von Dateien mit unterschiedlichen Profilen.

Wer heute Farbmanagement sagt, meint die Arbeit mit ICC-Profilen. Proprietäre Farbmanagement-Systeme – wie Electronics for Imagings *EfiColor*, Kodaks *Kodak Precision Color Management System* (KPCMS) oder Agfas *FotoTune* – spielen keine Rolle mehr.

## 6.2 ICC-Profile

Es gibt drei Typen von ICC-Geräte-Profilen: Eingabepprofile für Scanner und Digitalkameras, Bildschirmprofile und Ausgabe-Profile für Drucker, Druckmaschinen und -verfahren sowie Photobelichter. Dazu gibt es vier Profil-Typen für die Kombination von Profilen, zur Definition von Sonderfarben, zur Konversion von Farbräumen sowie ein „Abstract-Profile“ zu Forschungszwecken.

Wichtig ist, dass das Profil neben den Farbinformationen über das Gerät auch den Medien-Weißpunkt enthält, der beispielsweise bei Monitorprofilen die Farbtemperatur bei der Profilerstellung beschreibt; ein Faktor, der bei Verwendung eines Profils beachtet werden muss.

Die Verarbeitung der Profile übernimmt eine Software, das „Color Management Module“ (CMM): „Image Color Management“ (ICM) unter MS-Windows bzw. „ColorSync“ unter MacOS. Als Anwender hat man häufig die Wahl unter verschiedenen Modulen von unterschiedlichen Herstellern (Apple CMM, Heidelberg CMM, Microsoft CMM, Adobe CMM) – ohne jedoch zu wissen, worin diese sich unterscheiden. Sofern überhaupt sichtbar, sind die Unterschiede in der Praxis jedoch marginal.

Programmierer können die freie Software „little cms“ (<http://www.littlecms.com/>) verwenden, um ihre Programme ICC-Farbprofil-fähig zu machen.

## 6.3 Beschaffung und Zweck der Profile

- **Eingabeprofil** (Scanner-/Kameraprofil): generisches Profil des Herstellers nutzen oder eigenes Profil mit Test-Target und entsprechender Software erstellen. Das Eingabeprofil wird dem Bild angehängt und zur Umrechnung der Farben in den Arbeitsfarbraum (s. u.) genutzt. Individuelle Profile für Kameras sind eigentlich nur unter Studiobedingungen sinnvoll (kontrolliertes Licht). Häufig werden die Bilder schon in der Kamera – entgegen der reinen Lehre – mit einem Arbeitsfarbraum-Profil (sRGB, Adobe RGB) versehen.
- **Monitorprofil**: generisches Profil verwenden (schlecht wg. Serienstreuung, Alterung usw.) oder eigenes Profil mit Messgerät erstellen. Zuvor muss der Monitor kalibriert werden,

außerdem muss man sich für ein Monitor-Gamma und eine Monitor-Farbtemperatur entscheiden! (Diese Entscheidungen hängen vom gewählten Arbeitsfarbraum ab, bzw. werden vom gewählten Arbeitsfarbraum vorgegeben.) Das Monitorprofil hat nichts mit der Bilddatei zu tun, sondern wird verwendet, um die Farben möglichst korrekt anzuzeigen.

- **Ausgabeprofil:** generisches Profil des Ausgabegeräts verwenden oder selbst erstellen (aufwändig) bzw. – v. a. im Falle von Druckmaschinen – Profil vom Dienstleister besorgen. Das Ausgabeprofil kann zu Soft-Proof-Zwecken genutzt werden (Druck- bzw. Belichtungsergebnis wird am Monitor simuliert). Wenn das Ausgabegerät kein Farbmanagement unterstützt (z. B. Fuji-Frontier-Belichter) rechnet man die Bilddatei vor der Ausgabe in den Ausgabefarbraum um. Sollen aus RGB- CMYK-Daten erzeugt werden („Separation“), werden die Daten aus dem RGB-Arbeitsfarbraum mit den Informationen aus dem Ausgabeprofil in den CMYK-Farbraum konvertiert.

Zur Erstellung eigener Profile digitalisiert man normierte IT-8-Vorlagen, deren Farbwerte bekannt sind. Ein Programm vergleicht die Soll-Werte mit den Ist-Werten des konkreten Scanners und berechnet daraus ein ICC-Profil. Preisgünstige Vorlagen in hoher Qualität bekommt man z. B. von Wolf Faust (<http://www.targets.coloraid.de/>).

Eine Profilierungs-Software gibt es sogar lizenzkostenfrei: IPhotoMinus/ICC Profile Generator (<http://www.littlecms.com/iphoto/download.htm>).

## 7 Arbeitsfarbraum

### 7.1 Prinzip

Den Arbeitsfarbraum kann man sich als virtuellen Monitor vorstellen (ICC-Profile für Arbeitsfarbräume sind tatsächlich meist Monitorprofile). Er dient zur medienneutralen Primärspeicherung. Ein Arbeitsfarbraum sollte daher so groß gewählt werden, dass alle Farben der beteiligten Filme bzw. Geräte (für Ein- und Ausgabe) darin vorkommen – aber auch nicht zu groß, da sonst die Umrechnung aus den oder in die konkreten Farbräume mit Verlusten einhergehen kann. Den Arbeitsfarbraum wird man sich selten selbst definieren, man hat die Auswahl unter bewährten Farbräumen (vgl. Tab. 1 auf der nächsten Seite).

Dennoch ist die Wahl eines geeigneten Arbeitsfarbraums nicht trivial. Denn je tiefer man sich in die Materie einarbeitet, desto mehr Informationen findet man, die sowohl für als auch gegen einen bestimmten Farbraum sprechen.

### 7.2 Details

Apple RGB, ColorMatch RGB sind reine Monitorfarbräume mit einem so kleinen Farbumfang, dass sie auf den meisten Monitoren funktionieren.

sRGB ist der richtige Farbraum für Bilder, die auf Web-Seiten veröffentlicht werden (<http://www.srgb.com/srgb.html> [11.04. 2004], [17]). Damit die Bilder auf möglichst vielen Monitoren (auch den billigen und schlecht justierten) brauchbar dargestellt werden, enthält sRGB nur etwa 13 % der in einem 8-Bit-Farbbild möglichen Farben und ist daher als Arbeitsfarbraum für qualitätsbewusste Anwender absolut ungeeignet.

sRGB ist als Arbeitsfarbraum dennoch weit verbreitet. Seine Popularität rührt wohl daher, dass mit ihm Überraschungen so gut wie ausgeschlossen sind – er ist so klein, dass beinahe jedes Gerät seinen Farbumfang wiedergeben kann. sRGB ist – obwohl ein Monitorfarbraum – de facto Standardfarbraum der Consumergeräte (Kameras, Monitore, Drucker); selbst Filmbelichtungs-Dienstleister auf diesem Markt (ofoto usw.) setzen sRGB-Daten voraus, da ihre Bearbeitungskette eingebettete ICC-Profile nicht berücksichtigt.

Name	Gamma/Weißpunkt	
Apple RGB	1.8/6500 K	generisch für Monitore an MacOS, kleiner Umfang
sRGB	2.2/6500 K	generisch für Monitore an MS-Windows, kleiner Umfang
ColorMatch RGB	1.8/5000 K	ähnlich Apple RGB, anderer Weißpunkt
Bruce-RGB (von Bruce Fraser)	2.2/6500 K	kleiner Umfang, Ausgabe-orientiert
Adobe RGB (1998)	2.2/6500 K	mittlere Größe, Monitor-orientiert
eciRGB	1.8/5000 K	beliebt in der Druckvorstufe
LStar-RGB	„gammafrei“	Nachfolger für eciRGB, Farbumfang wie dieser
PhotoGamutRGB	2.2/?	Farbumfang an reale Ausgabegeräte angepasst
Ekta Space PS 5, J. Holmes (von Joseph Holmes)	2.2/5000 K	deckt fast den Farbumfang von E6-Filmen ab
DonRGB, BestRGB (von Don Hutcheson)	2.2/5000 K	Farbumfang der Diafilme
Beta RGB (von Bruce J. Lindbloom)	2.2/5000 K	enthält die Farben der Kodak-, Agfa- und Fuji-Diafilme, sowie der ColorChecker-Charts
Wide Gamut RGB (von Adobe)	2.2/5000 K	großer Farbumfang (Eckwerte sind die reinen Spektralfarben)
ProPhoto RGB (ehem. RGB Master, ROMM RGB) (von Kodak)	1.8/5000 K	Farbumfang teilw. größer als die „Schuhsohle“; enthält alle Farben, die man mit derzeitigen Techniken aufnehmen kann

Tabelle 1: RGB-Farbräume (Auswahl)

Bruce RGB wurde 1997 von Bruce Fraser speziell als kleiner Farbraum mit Blick auf die Druckvorstufe und damalige Tintenstrahldrucker entwickelt. Der Farbumfang ist größer als ColorMatch RGB aber kleiner als Adobe RGB (1998). [2]

Adobe RGB (1998) – ein Farbraum mittlerer Größe – ist weit verbreitet und wird häufig empfohlen (wahrscheinlich wegen seiner weiten Verbreitung ;-). Viele Kameras geben Bilder direkt in Adobe RGB (1998) aus; Adobes *Photoshop Elements 3* kennt nur diesen Farbraum. Mit Eizos CG220 gibt es seit Oktober 2004 auch einen Monitor, der den kompletten Adobe-RGB-Farbraum darstellen kann.

eciRGB ist sicher die erste Wahl für die Druckvorstufe, wenn auch wegen des „Mac-Gammas“ für MS-Windows-Anwender gewöhnungsbedürftig. eciRGB wurde 1998 von der Firma *Color Solutions* entwickelt und als *ColorSolutions-RGB* veröffentlicht. Die *European Color Initiative* (ECI) adelte diesen Farbraum später durch ihre Empfehlung, ihn in der Druckvorstufe zu verwenden; *ColorSolutions RGB* heißt seither eciRGB. eciRGB deckt die Farbumfänge der üblichen Massendruckverfahren komplett ab.

LStar-RGB (L\*-RGB) ist der designierte Nachfolger des in die Jahre gekommenen *eciRGB* (wie dieser entwickelt von *Color Solutions*). LStar-RGB hat den selben Farbumfang wie *eciRGB*, verteilt jedoch die RGB-Farbdaten farbmétrisch homogen, so dass Fehler durch Farbraumkonvertierungen minimiert werden. [11]

Mit *PhotoGamutRGB* wird seit Juli 2003 ein Arbeitsfarbraum entwickelt, der sich an den tatsächlich auf Papier reproduzierbaren Farben orientiert – es ist somit eigentlich ein Ausgabefarbraum, der als Arbeitsfarbraum genutzt wird (<http://www.photogamut.org/> [11.04.2004]). Konsequenterweise soll er keine Farben enthalten, die nicht mit derzeitigen Geräten zu Papier gebracht werden können. Im Gegensatz zu den anderen hier beschriebenen Arbeitsfarbräumen – die als (Matrix-basierte) virtuelle Monitorprofile realisiert sind – beruht *PhotoGamutRGB* als Ausgabefarbraum auf Farbtabelle(n) (LUTs). Das Profil sowie entsprechende Kontrollmittel werden mit einer Open-Source-Lizenz frei verfügbar sein.

„Ekta Space PS 5, J. Holmes“ (auch als Joe RGB oder Ekta Space bekannt) ist die kostenlos erhältliche Variante des kommerziell vertriebenen „Ektachrome Space, J. Holmes“. [5] Der Photograph Joseph Holmes („Ansel Adams der Farbe“) hat diesen Farbraum als Archivfarbraum für seine hochwertig digitalisierten Dias entworfen. Auch andere Photographen nutzen das Ekta-Space-Profil. Farb-Spezialist Bruce Fraser empfiehlt beispielsweise Ekta Space als Archivfarbraum für gescannte Dias, sofern ein sehr guter Scanner verwendet wurde, dessen Eingabeprofil vorliegt und nur wenige oder keine Farbkorrekturen nötig sind. [3]

DonRGB4 und BestRGB sind zwei weitere Farbräume mit großem Farbumfang, die alle Farben der Kodak- und Fuji-Diafilme abdecken (BestRGB auch Velvia). Auf der Web-Seite sind bildmäßige Argumente für die Arbeit mit größeren Farbräumen als Adobe RGB zu finden (<http://www.hutchcolor.com/profiles.html> [11.04.2004]).

Beta RGB von Bruce J. Lindbloom ist ein weiterer Farbraum mit großem Umfang. Lindbloom hat ein Set von Auf- und Durchsichtsmedien zusammengestellt und Beta RGB so geformt, dass alle damit abbildbaren Farben enthalten sind (<http://www.brucelindbloom.com/> [11.04.2004]).

Die ganz großen Farbräume – Wide Gamut RGB und ProPhoto RGB – werden in der Literatur häufig als unrealistisch groß und praxisfremd beurteilt (z. B. in [8]). Wer jedoch die Farben seiner Negative oder Dias nach Digitalien retten will, sollte mit einem sehr guten Scanner arbeiten und sich auf jeden Fall mit diesen Farbräumen beschäftigen. Bruce Fraser nutzt für die Ausarbeitung seiner Negative beispielsweise ProPhoto RGB [3]. Schließlich gibt es ja auch die Möglichkeit, Daten wieder auf Film auszubelichten – ein Weg, den man nicht mit kleinen Farbräumen gehen sollte.

### 7.3 Diskussion

Heutzutage sollte keine Bilddatei ohne eingebettetes Profil weitergegeben werden. Wird das Bild für ein konkretes Ausgabegerät angelegt von dem bekannt ist, dass dieses kein Farbmanagement unterstützt (z. B. Fuji Frontier), wird es über entsprechende ICC-Profile in diesen Gerätefarbraum konvertiert. Auch Farbseparationen für den Aufdruck werden nur noch über ICC-Profile durchgeführt.

Es gibt jedoch keinen universellen Arbeitsfarbraum für die Bildbearbeitung und -archivierung. Klar ist, dass die kleinen Monitorfarbräume für anspruchsvolle Farbarbeiten nicht in Frage kommen. Doch auch die großen Farbräume sind nicht zwangsläufig die beste Wahl.

Uns erscheint sinnvoll, zwischen zwei Sorten von Farbräumen zu unterscheiden. Werden Bilder für konkrete, alltägliche Zwecke bearbeitet und weitergegeben und die Arbeit auch nur so bezahlt (Druck, Web, CD-ROM oder einfache Ausbelichtung), ist ein unkomplizierter mittelgroßer Farbraum (Adobe RGB, *eciRGB*, LStar-RGB oder auch *PhotoGamutRGB*) angebracht.

Diese Daten werden nach Gebrauch gelöscht, die Originalbilder jedoch als RAW-Dateien oder Dias bzw. Negative klassisch archiviert.

Werden gute Scans archiviert oder Negative bzw. RAW-Dateien für eine hochwertige Ausgabe aufwändig ausgearbeitet, sollte man sich ernsthaft mit den großen Farbräumen auseinandersetzen. Kodaks ProPhoto RGB und Lindblooms Beta RGB erscheinen uns aufgrund des zugrundeliegenden Konzepts sehr geeignet. Spätestens dann ist es auf jeden Fall auch sinnvoll, mit 16 Bit farbtiefen Daten zu arbeiten (auch wenn dem Autor leider kein Bildbearbeitungsprogramm mit entsprechendem Interface bekannt ist, rechnet zumindest Photoshop dem Vernehmen nach intern dennoch mit der doppelten Farbtiefe).

## 8 Literatur

- [1] DIGIPIX 3. Leitfaden Digitale Fotografie. Wiki. URL: <http://www.adf.de/wiki/index.php/Hauptseite> [13.03.2005]
- [2] Fraser, Bruce (20.06.2000): *Out of Gamut: Finessing Photoshop Color*. URL: <http://www.creativepro.com/printerfriendly/story/6541.html> [13.03.2005]
- [3] Fraser, Bruce (13.09.2000): *Out of Gamut: Exploring Wide, Open (Color) Spaces*. URL: <http://www.creativepro.com/printerfriendly/story/8582.html> [13.03.2005]
- [4] Granger, E. M. (1997): *Is CIE L\*a\*b\* good enough for Desktop Publishing?* In: Recent progress in color science. Hg. Reiner Eschbach u. Karen Braun. Springfield: IS & T.
- [5] Holmes, Joseph (2003): *Ekta Space PS 5, J. Holmes*. URL: <http://www.josephholmes.com/EktaSpace+ReadMeV.9.zip> [11.04.2005]
- [6] Homann, Jan-Peter (2000). *Digitales Colormanagement. Farbe in der Publishing-Praxis*. 2. erw. Aufl. Berlin u. a.: Springer.
- [7] Ihme, Rolf (1987): *Lehrbuch der Reproduktionstechnik*. 3. Aufl. Leipzig: VEB Fachbuchverlag.
- [8] Kunert, Andreas (2004): *Farbmanagement in der Digitalfotografie*. Bonn: mitp.
- [9] Loviscach, Jörn; Fastenrath, Wolfgang (1996): *Villa Kunterbunt. Farbkorrektur mit Color-Management-Systemen*. In: c't (1996) 10. S. 180–188.
- [10] Miller, Marc D.; Zaucha, Randyn (1995): *The Color PC. Production Techniques. The definitive source on color imaging*. Indianapolis, Indiana: Hayden.
- [11] N. N. (Color Solutions) (2004): *Lstar-RGB. Die ideale Kombination von ECI-RGB und CIELAB*. URL: via <http://homepage.mac.com/hanspeterharpf/LStar-RGB/FileSharing36.html> [07.04.2005]
- [12] N. N. (European Color Initiative) (14.11.1999): *ECI Richtlinien. Richtlinien für die medienneutrale Farbdatenverarbeitung gemäß des ICC-Standards*. URL: [http://www.eci.org/eci/downloads/ECI-en/eci\\_general\\_downloads/eci\\_whitepaper\\_1\\_1\\_DEU.pdf](http://www.eci.org/eci/downloads/ECI-en/eci_general_downloads/eci_whitepaper_1_1_DEU.pdf) [13.03.2005]
- [13] N. N. (International Color Consortium) (2004): *Specification ICC.1:2004-10 (Profile version 4.2.0.0) Image technology colour management – Architecture, profile format, and data structure [REVISION of ICC.1:2003-09]*. URL: <http://www.color.org/ICC1V42.pdf> [26.04.2005]

[14] N. N. (Kodak) (26. 01. 1999): *Reference Output Medium Metric RGB Color Space (ROMM RGB). White Paper*. URL: [http://www.kodak.com/global/plugins/acrobat/en/professional/products/software/colorFlow/romm\\_rgb.pdf](http://www.kodak.com/global/plugins/acrobat/en/professional/products/software/colorFlow/romm_rgb.pdf) [11. 04. 2005]

[15] Silvestrini, Narciso (1994): *IdeeFarbe. Farbsysteme in Kunst und Wissenschaft*. Zürich: Baumann & Stroemer.

[16] Spaulding, Kevin E.; Woolfe, Geoffrey J. und Giorgianni, Edward J. (2000): *Reference Input/Output Medium Metric RGB Color Encodings (RIMM/ROMM RGB)*. URL: [http://www.map.tu.chiba-u.ac.jp/IEC/100/TA2/parts/part2-2/PICS2000\\_RIMM-ROMM.pdf](http://www.map.tu.chiba-u.ac.jp/IEC/100/TA2/parts/part2-2/PICS2000_RIMM-ROMM.pdf) [11. 04. 2005]

[17] Stokes, Michael; Anderson, Matthew; Chandrasekar, Srinivasan; Motta, Ricardo (1996): *A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB*. URL: <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB.html> [11. 04. 2005]

[18] Nonhoff-Arps, Peter (2002): Fehlfarben. Scanner, Monitor und Drucker mit einfachen Mitteln kalibrieren. In: c't (2002) 21. S. 232–237.

[19] Poynton, Charles (1997): *Frequently Asked Questions about Color*. URL: <http://www.poynton.com/PDFs/ColorFAQ.pdf> [05. 04. 2005]

[20] Riemersma, Thiadmer (2004): *Colour metric*. URL: <http://www.compuphase.com/cmetric.htm> [05. 04. 2005]

[21] Schläpfer, Karl (1993): *Farbmetrik in der Reproduktionstechnik und im Mehrfarbendruck*. 2., vollst. überarb. Aufl. St. Gallen: UGRA.

[22] Störch, Bertram (1994): *Drucken in Farbe*. Bonn u. a.: Addison-Wesley.

A Farbräume (Darstellung)

Die Bilder auf den folgenden Seiten veranschaulichen die Farbumfänge ausgewählter Farbräume. Die Diagramme sind Screenshots einer Photoshop-Farbdatei (in den Ecken sind die Extremwerte des Lab-Farbraums), die jeweils über die Farbumfangs-Warnung maskiert ist; sichtbar sind nur die im genannten Farbraum enthaltenen Farben. Diese Methode ist nicht ganz korrekt, vermittelt jedoch einen besseren Eindruck als die üblichen Dreiecke in der „Schuhsohle“. Für einen exakten Vergleich von Farbräumen eignet sich beispielsweise der Online-Service <http://www.iccview.de/> oder das ColorSync-Utility unter MacOS X, das schöne 3D-Diagramme aus den Profilen erzeugt, die sich interaktiv betrachten lassen.

Abbildungsverzeichnis

1	LAB	11
2	Apple RGB und sRGB	11
3	ColorMatch RGB und Bruce RGB	11
4	LAB	12
5	Adobe RGB 1989 und eci RGB	12
6	LStar RGB und PhotoGamutRGB	12
7	LAB	13
8	Ekta Space RGB und Beta RGB	13
9	Wide Gamut RGB und Pro Photo RGB	13
10	LAB	14
11	NTSC (1953) und PAL/SECAM	14
12	ISO Coated und ISO Uncoated (jeweils CMYK/Offset)	14

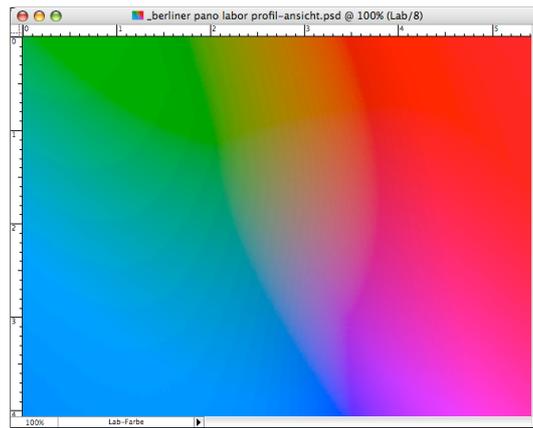


Abbildung 1: LAB

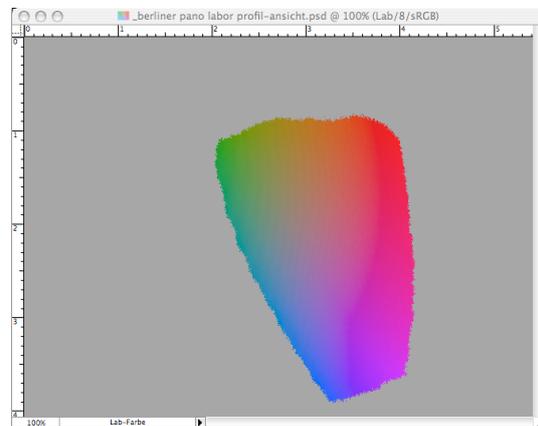
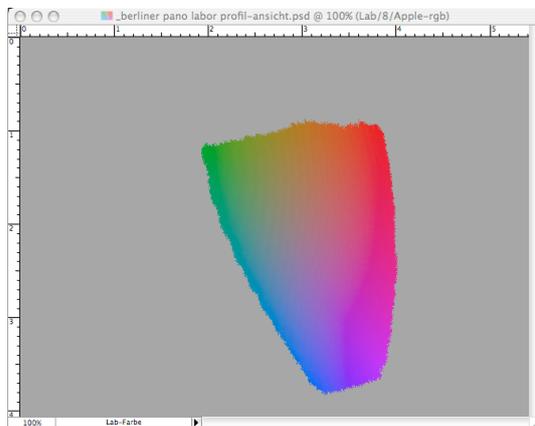


Abbildung 2: Apple RGB (li.) und sRGB (re.)

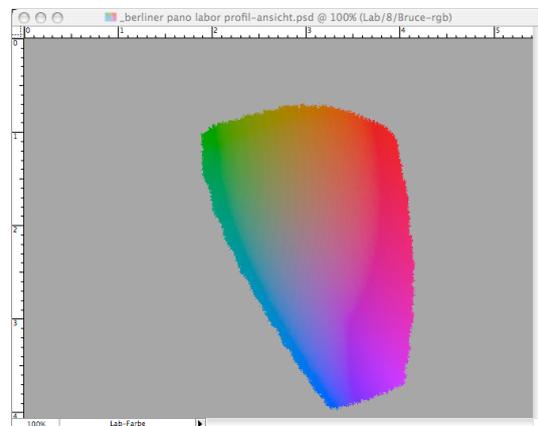
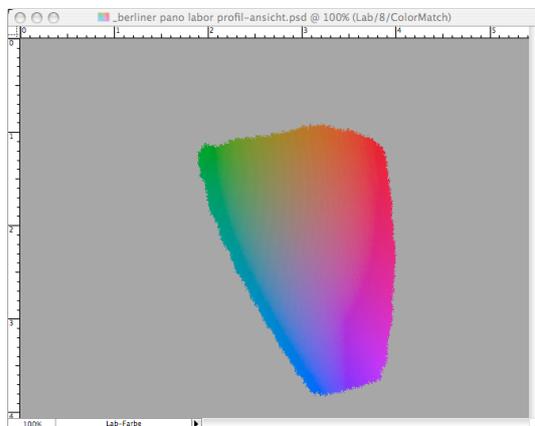


Abbildung 3: ColorMatch RGB (li.) und Bruce RGB (re.)

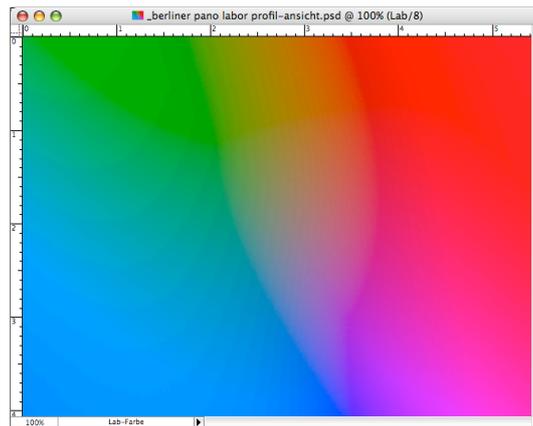


Abbildung 4: LAB

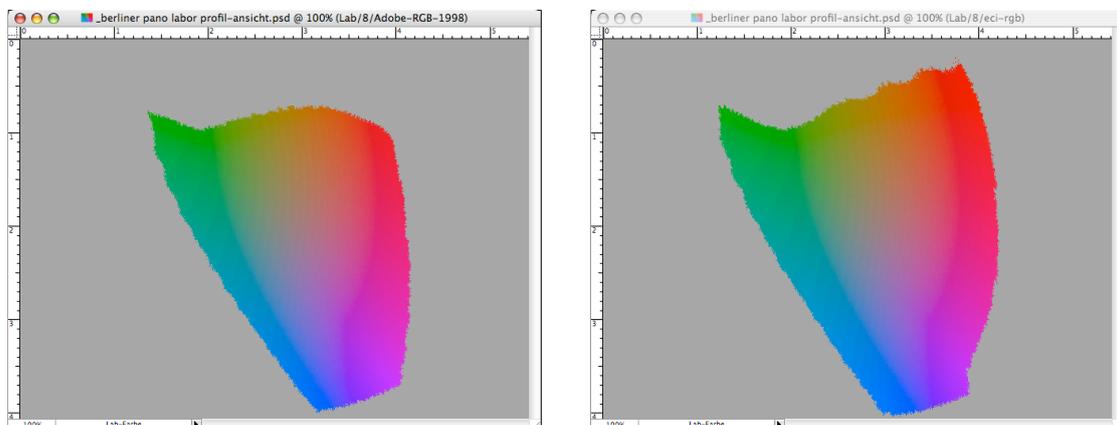


Abbildung 5: Adobe RGB 1989 (li.) und eci RGB (re.)

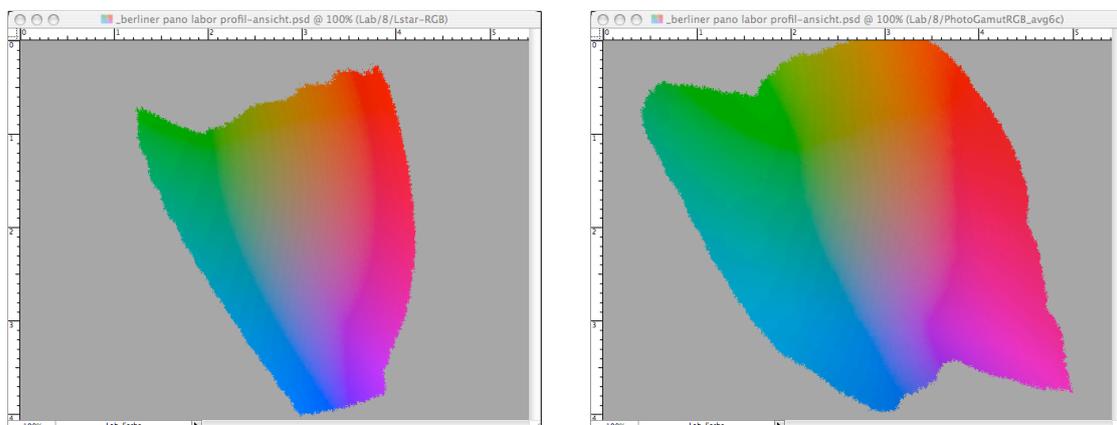


Abbildung 6: LStar RGB (li.) und PhotoGamutRGB (re.)

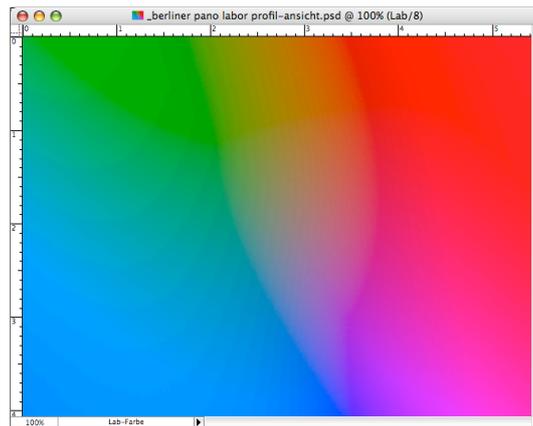


Abbildung 7: LAB

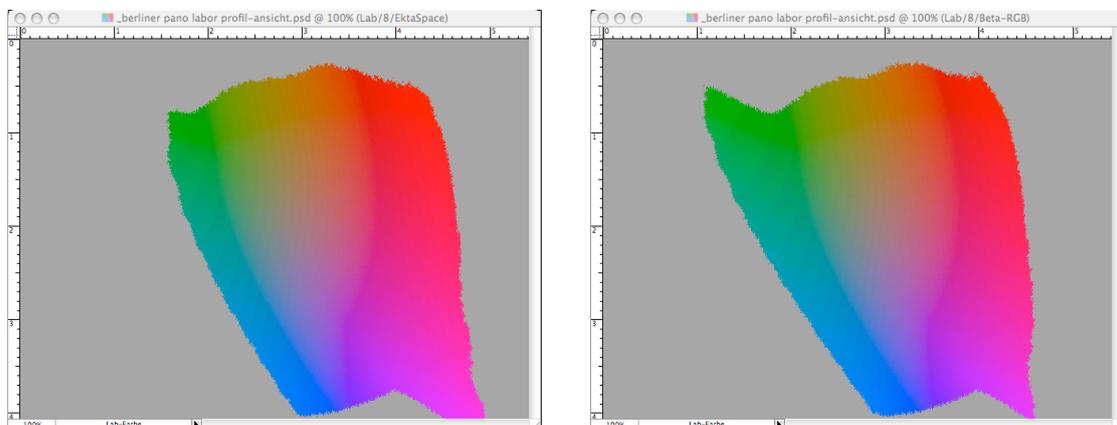


Abbildung 8: Ekta Space RGB (li.) und Beta RGB (re.)

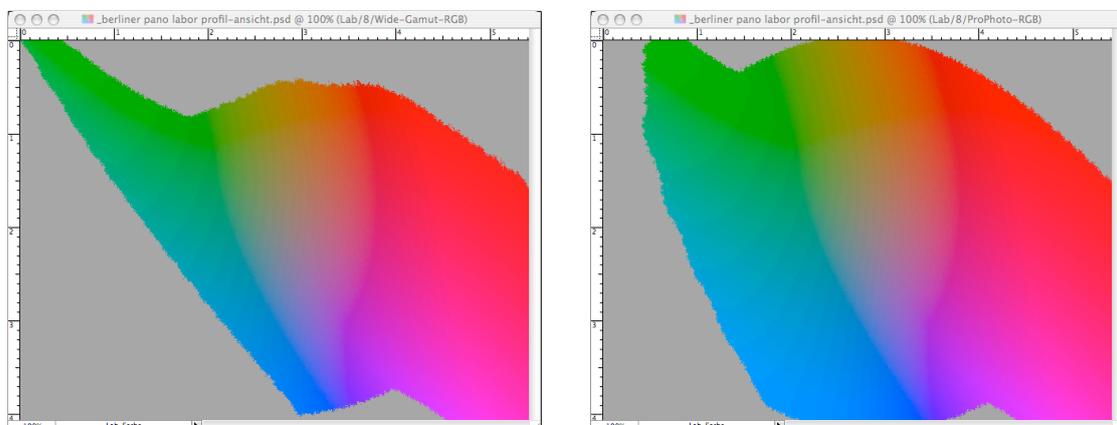


Abbildung 9: Wide Gamut RGB (li.) und Pro Photo RGB (re.)

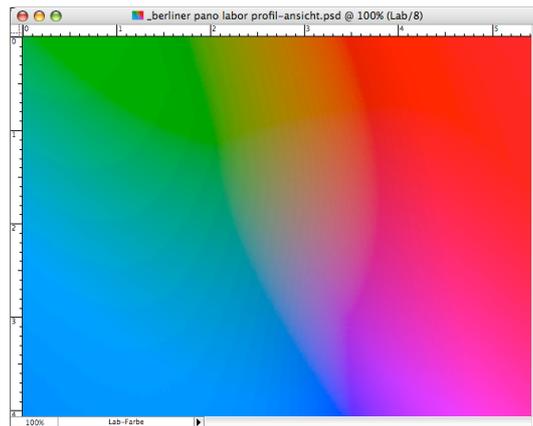


Abbildung 10: LAB

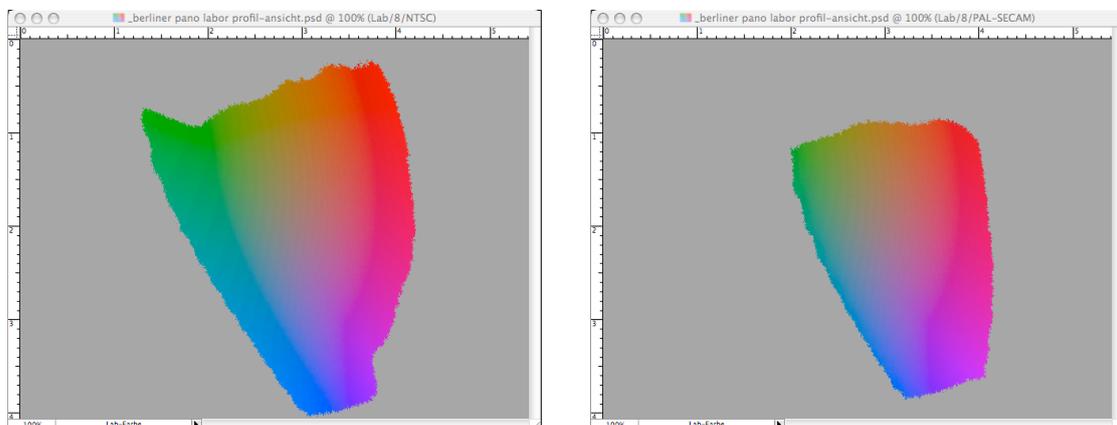


Abbildung 11: NTSC (1953) (li.) und PAL/SECAM (re.)

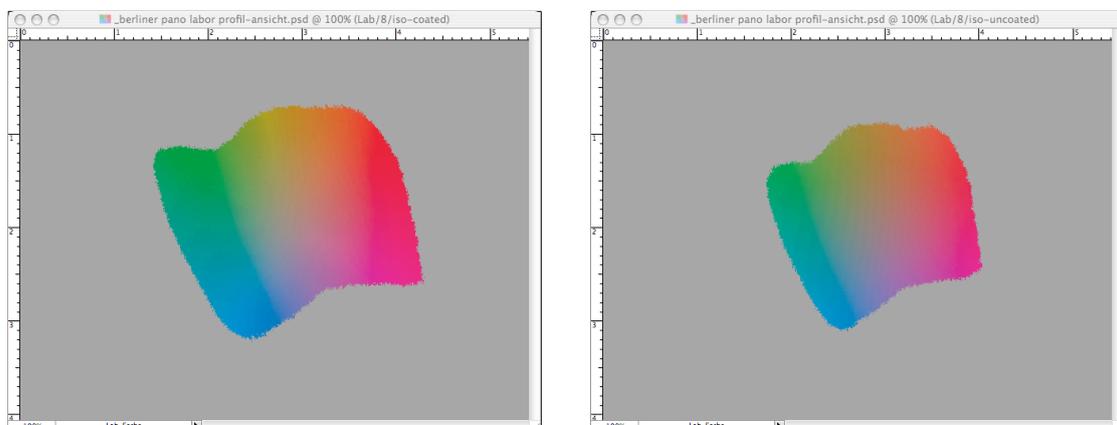


Abbildung 12: ISO Coated (li.) und ISO Uncoated (re.); jeweils CMYK/Offset