

CIE-Lab - Beschreibung der Eindrücke in geräte- unabhängigen Referenzsystemen

Spontan fällt einem zur Erfüllung dieser Anforderungen erstmal das sichtbare Spektrum des Lichts ein, in dem die Farben über die Wellenlänge beschrieben werden können. Leider nicht alle Farben, denn wir können zwar die Mischungen zwischen Blau und Grün und zwischen Grün und Rot über die Wellenlängen erfassen, nicht aber die zwischen Blau und Rot. Letztere kommen im sichtbaren Spektrum nicht vor, werden von uns aber nichtsdestoweniger wahrgenommen. Darüberhinaus haben wir auch schon herausgefunden, daß sich derselbe Farbeindruck mit unterschiedlichen Spektren erzeugen lässt. Und zu guter Letzt taugt die Wellenlänge auch nicht, um die unterschiedlichen Sättigungsstufen einer Farbe anzugeben.

Als einziges System, das dem Anspruch gerecht wird, kommt nur unser eigenes Farbempfinden in Frage und 1931 machte sich die CIE (Commission Internationale de l'Eclairage/Internationale Beleuchtungskommission) daran,

Die Reproduktion von Helligkeit und Farbe

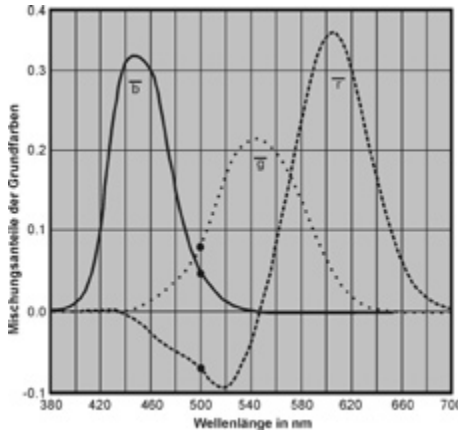


Abb. 37: RGB-Farbgleichungsfunktionen
Das Diagramm zeigt welche Anteile der drei Grundfarben Blau, Grün und Rot nötig sind, um eine vorgegebene Farbe nachzustellen und das dazu durchaus auch negative Werte notwendig sein können. Um beispielsweise eine spektral reine Farbe von 500 nm zu mischen, ist ein negativer Anteil Rot nötig.

Farben beruhend auf dem menschlichen Farbwahrnehmungsapparat zu definieren. Vereinfacht führte man Experimente durch, in denen Probanden unter genau definierten Licht- und Betrachtungsverhältnissen versuchen mussten eine Vielzahl vorgegebener Farben F durch die richtige Kombination einer blauen, einer grünen und einer roten Lichtquelle nachzumischen. Dabei ergab sich, daß sich mit den drei Grundfarben nach dem Schema

$$R + G + B = F$$

zwar eine große Anzahl Farben nachstellen ließen, dies aber bei weitem nicht alle realen Farben waren. Die fehlenden Farben konnten nur erzeugt werden, wenn ein Trick angewandt und die zu mischende Farbe mit einer der Grundfarben verändert wurde. Statt alle drei Grundfarben auf einen Punkt zu richten, wurde eine davon mit der vorgegebenen vierten Farbe gemischt und damit eine negative Helligkeit erzeugt. Die zugehörige Formel lautet zum Beispiel

$$R + B = G + F \text{ oder}$$

$$R + B - G = F$$

Rein mathematisch konnten mit diesen **RGB-Farbgleichungsfunktionen**, die das **CIE-Normfarbsystem** begründeten, nun alle wahrnehmbaren Farben gemischt werden.

Allerdings ist es weder besonders elegant noch besonders anschaulich mit negativen Werten umgehen zu müssen und Mathematiker genau wie Physiker lieben elegante Lösungen. Aus diesen Gründen zog die CIE ein Ass aus dem Ärmel und schuf drei neue Grundfarben, die die ungeliebten negativen Farbanteile vermie-

den. Das heißt sie dachten sich drei aus, denn physikalisch sind die drei neuen Grundfarben X, Y und Z nicht möglich, rechnerisch aber schon. Sie fassten einfach unsere drei Grundfarben Rot, Grün und Blau im richtigen Maß zu etwas Neuem zusammen. Das virtuelle Rot würde nach der Formel

$$X = +2,36460 R - 0,51515 G + 0,00520 B$$

eine Art Super-Rot ergeben.
Für Grün gilt

$$Y = -0,89653 R + 1,42640 G - 0,01441 B$$

und das virtuelle Blau setzt sich nach der Formel

$$Z = -0,46807 R + 0,08875 G + 1,00921 B$$

zusammen. Damit können wir rechnerisch alle realen Farben, auch die spektral reinsten, mischen, ohne negative Anteile nutzen zu müssen. Nun haben wir es nicht mehr mit realen Farbwerten, sondern mit einem ganz und gar mathematischen Modell zu tun und das nach diesen Vorgaben überarbeitete Diagramm von eben sieht nun aus wie in Abb. 38.

Mathematisch ist dies zweifellos elegant, nur noch nicht wer weiß wie anschaulich für Otto-Normal-Ber-

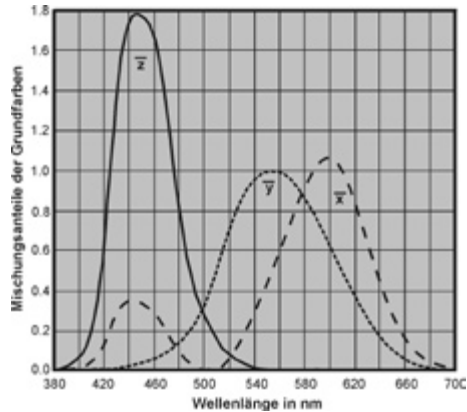


Abb. 38: XYZ-Farbgleichfunktionen

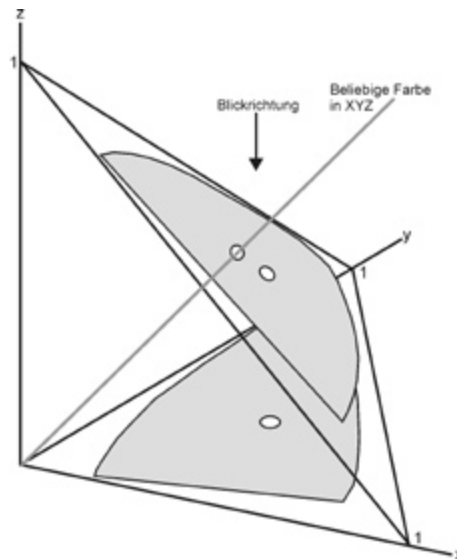


Abb. 39: Dreidimensionaler XYZ-Farbraum
Projektion des dreidimensionalen XYZ-Raums
mit der Chromatizitäts-Ebene

Die Reproduktion von Helligkeit und Farbe

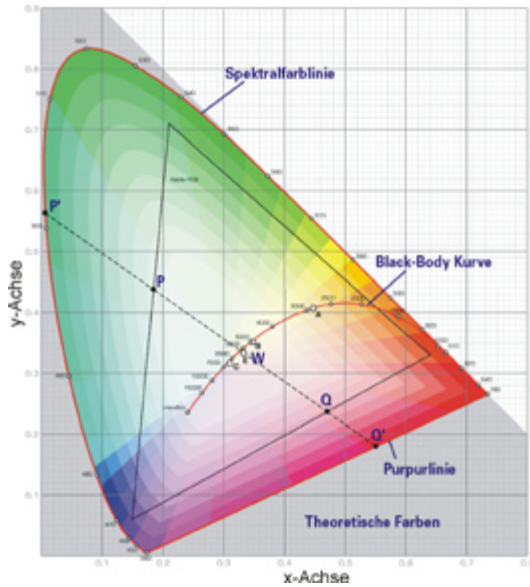


Abb. 40: CIE-Normfarbtafel xyZ-Farbraum

trichter. Damit wir eine belastbare Vorstellung des Ganzen bekommen, müssen wir uns die X-, Y- und Z-Werte aus Abb. 38 als Achsen in einem dreidimensionalen Raum vorstellen, wie ihn Abb. 39 zeigt.

Und noch ein wenig einfacher geht es, wenn wir nur einen Querschnitt durch diesen Raum betrachten, wie ihn uns die im CIE-xyY-System formulierte **CIE-Normfarbtafel** bietet, die aufgrund ihrer Form oft auch liebevoll *Hufeisen* oder *Schuhsohle* genannt wird (Abb. 40).

In diesem durch mathematische Umformung entstandenen nur noch zweidimensionalen Raum sind alle Farben gleicher Helligkeit erfasst. Die waagerechte x-Achse gibt die Intensität des Rotwerts an, die senkrechte y-Achse die für den Grünwert. Mehr ist nicht nötig, denn die Daten sind auf eine Größe von 1,0 normalisiert und damit ergibt sich der fehlende Blauanteil von ganz allein aus der Differenz zur Addition des Rot- und Grünwerts. Die die Helligkeit erfassende Y-Achse ist hier, wie gesagt, nicht dargestellt. Die höchsten Sättigungswerte eines Farbtons (die Spektralfarben) liegen genau auf dem Rand des Diagramms, der deswegen auch **Spektralfarbenzug** genannt wird. Weiß, Grau oder Schwarz entstehen in dem Punkt (**Weißpunkt, W**), in dem die Intensitäten von x und y gleich sind. Bei der hier verwendeten Skalierung liegt er bei jeweils 0,333. Auf jeder Verbindungslinie, die wir zwischen dem Spektralfarbenzug und dem Weißpunkt ziehen, ändert sich die jeweilige Farbe nicht, sondern nur ihre Sättigung nimmt von innen nach außen zu. Am Fuß der Schuhsohle findet sich die **Purpurlinie** als Verbindungsgerade zwischen Rot und Blau. Dort finden sich die nicht im Spektrum vorkommenden Purpurtöne. Die **Black-Body**

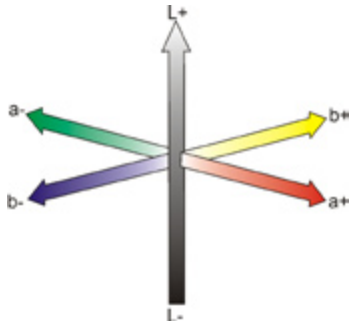


Abb. 41: Lab-Farbmodell

Dieses Modell beschreibt die Farben, so wie wir sie wahrnehmen, über drei Werte für die Luminanz (Helligkeit), den a-Kanal für die Achse zwischen Rot und Grün und den b-Kanal für die Achse zwischen Blau und Gelb.

Kurve markiert die Farbwerte des zur Farbtemperaturbestimmung dienenden Schwarzen Körpers. Die Abbildung ist natürlich nur schematisch, denn drucktechnisch ist es unmöglich alle theoretisch möglichen Farben darzustellen.

Einzigster Nachteil dieses weithin akzeptierten Systems: Die geometrischen Abstände zwischen zwei Farbenpaaren entsprechen nicht immer unserem Wahrnehmungsabstand. Will sagen zwei Farbpaaare, die den gleichen geometrischen Abstand aufweisen, erscheinen uns häufig als unterschiedlich verschieden. Graphisch lässt sich das darstellen, indem man eine beliebige Farbe im Farbraum mar-

kiert und dann einzeichnet, welche anderen Farben den visuell gleichen Abstand aufweisen. Dieser Abgleich ergibt unterschiedlich große Ellipsen, die nach ihrem Entdecker **MacAdam-Ellipsen** genannt werden (Abb. 42). Um die geometrischen Farbabstände mit den empfundenen in Einklang zu bringen, musste die CIE-Normfarbtafel mathematisch wiederum in ein neues System transformiert werden. Aus der Verzerrung, die die MacAdam-Ellipsen in annähernd gleich

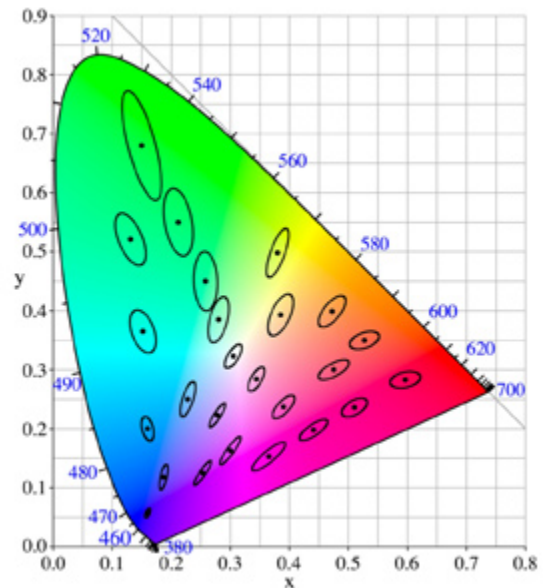


Abb. 42: MacAdam-Ellipsen

Die Reproduktion von Helligkeit und Farbe



Abb. 43: Neutral



Abb. 44: Helligkeitskanal des Lab-Modus



Abb. 45: RGB



Abb. 46: Simon Tindemans Tonability-Plugin

große Kreise verwandelte, entstanden die Farbmodelle **CIE-LAB** und **CIE-LUV**. Das erste wird zur Einordnung von Körperfarben verwendet, das zweite zur Bewertung von Lichtfarben bei Monitoren und Scannern.

Das Lab-Farbmodell (Abb. 41) definiert Farbe über die drei Kanäle (Werte) **L** für Luminanz (Helligkeit),

a für die Farbachse zwischen Rot und Grün und **b** für die Farbachse zwischen Gelb und Blau. Am Schnittpunkt dieser Achsen befinden sich die unbunten Farben. Damit basiert Lab direkt auf den physiologischen Eigenschaften unserer Wahrnehmung (wir denken schnell zurück an Ewald Herings Gegenfarbensystem)

und nicht auf physikalischen Messgrößen.

Das Lab-Farbmodell enthält alle von uns Menschen wahrnehmbaren Farben und deswegen natürlich auch ein größeres Spektrum als RGB oder CMYK. Der Vorteil dieser Größe liegt darin, daß Lab alle potentiell geräteabhängigen Farbspektren enthält und somit die Konvertierung von Farbinformationen aus einem Farbraum in einen anderen ermöglicht und deswegen von vielen Graphikprogrammen als Referenz verwendet wird.

Im Gegensatz zum RGB-Modell trennt das Lab-Modell die Helligkeit von den Farbinformationen. Werden RGB-Bilder in der Helligkeit verändert, so ändern sich auch die einzelnen Komponenten, aus denen die Farbe besteht. Anders verhält es sich bei Lab. Hier bleiben die Informationen über die Farbigekeit (Chromatizität) im a- und b-Kanal unberührt.

Bleibt das Problem der Verbindung zwischen Helligkeit/Kontrast und Farbsättigung, denn jede Erhöhung oder Verringerung des Kontrasts erhöht oder verringert auch die Farbsättigung. Die Abb. 43-45 illustrieren diesen Zusammenhang. Im Vergleich zum unbearbeiteten Ausgangsbild sehen wir im RGB-Modus eine starke, im Helligkeitskanal des Lab-Modus (und wenn für eine Einstellungsebene

die Füllmethode „Luminanz“ gewählt wird) eine weniger stark ausgeprägte Änderung der Farbsättigung. Dieser Unterschied rührt daher, daß die Kontrastanhebung im RGB-Modus die Pixelwerte der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau direkt auf höhere, also dunklere, Werte umsetzt (und ein dunkleres Rot ist ein gesättigteres Rot), der Zusammenhang im Lab-Modell aber indirekt ist. Das kommt so. Lab teilt die Farbinformation in den Helligkeitsanteil L^* und die beiden Anteile der Farbigekeit (Chromatizität) a^* und b^* . Das Korrelat der Farbsättigung entspricht aber dem Ergebnis der Division Chroma / Helligkeit. Eine Kontrastanhebung im Helligkeitskanal setzt alle Pixel wiederum auf höhere (dunklere) Werte, sofern a^* und b^* jedoch gleich bleiben, ändert sich das Ergebnis der Division. Allerdings ist die Auswirkung eben weniger stark als im RGB-Modell.

Simon Tindemans (3.) hat dankenswerterweise eine Reihe Photoshop-Aktionen (*LuminanceCurve* & *LightnessCurve*) bzw. ein Plugin (*Tonability*) geschrieben, die dazu dienen die Seiteneffekte der normalen Tonwertkurven auf die Farbsättigung zu vermeiden. Sie setzen die Pixelwerte von einer Helligkeit auf eine andere um, ohne das Verhältnis R:G:B zu verändern. Auf seiner Website gibt er

Helligkeit und Farbe in der Photographie

genaue Hinweise dazu, wie die Werkzeuge in den Workflow mit Camera Raw integriert werden können, denn leider stellt bislang kein RAW-Konverter so eine wünschenswerte Funktionalität bereit. – Wahrscheinlich, weil, wie er *Adobes'* Thomas Knoll zitiert, die Mehrzahl der Nutzer die mit der Kontrastanhebung verbundene Steigerung der Farbsättigung bevorzugen. Das liegt wohl daran, daß unsere Sehgewohnheiten so sehr durch das Verhalten der AgX-Bildträger geprägt ist die bis zur Einführung der modernsten Farbkuppler von der Verbindung „Kontrast plus = Farbsättigung plus“ bestimmt waren.

Ich weiß, was Sie jetzt vielleicht sagen, und, um einmal mehr mit *Thomas Magnum* zu antworten, Sie haben Recht: Zur Erklärung der Farbwahrnehmung allein hätte ich Sie nicht durch all die Theorie prügeln müssen. Aber so haben wir jetzt die nötigen Kenntnisse erworben, um in einem Waschgang auch die Grundlagen des digitalen Farbmanagements zu behandeln. – So viel sind wir der neuen digitalen Zeit schuldig, denn wer gibt seine Bilder heute schon noch unbehandelt zum Printer?