



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Belegarbeit

Farbe in der Computergraphik

Proseminar Computergraphik

Sommersemester 2009

Dozent: Wilfried Mascolus

Lehrstuhl für Computergraphik und Visualisierung

Fakultät Informatik

Autor:	Florian Dornbusch
Studiengang:	Informatik
Fachsemester:	4
Matrikelnummer:	3249006
E-Mail:	s6748335@mail.inf.tu-dresden.de

Dresden, den 16.07.2009

Gliederung

1. EINLEITUNG.....	1
2. DEFINITION.....	2
3. FARBWAHRNEHMUNG.....	3
2.1. FARBREIZ.....	3
2.2. FARBVALENZ.....	5
2.3. FARBEINDRUCK.....	6
4. FARBTHEORIE.....	7
4.1. GRUNDLAGEN.....	7
4.1.1. DREIFARBENTHEORIE.....	7
4.1.2. GEGENFARBENTHEORIE.....	7
4.1.3. METAMERIE.....	7
4.1.4. FARBTIEFE.....	7
4.1.5. FARBKONSTANZ.....	8
4.2. DER RGB-FARBRAUM.....	9
4.3. DER CMY-FARBRAUM.....	11
4.4. DER CIE-XYZ-FARBRAUM.....	13
4.5. DER CIE-L*a*b*-FARBRAUM.....	15
4.6. DER HSV-FARBRAUM.....	16
5. QUELLEN.....	19

1. Einleitung

Farbe kann etwas so Natürliches und Allgegenwärtiges sein, dass man denken könnte, es lohne sich gar nicht, darüber nachzudenken. Tatsächlich hat sich im Laufe der Zeit der Begriff der Farbe im Allgemeinen gewandelt. So galt beispielsweise in Deutschland im 17. Jahrhundert die Farbe Braun eher einem dunklen Blau bis Violett, wie im Kirchenlied: „Hernieder ist der Sonnen Schein, die braune Nacht bricht stark herein.“ zu vernehmen ist.

In der Informatik, speziell der Computergraphik und Drucktechnik kommt der Farbe eine besondere Bedeutung zu, da es viele verschiedene Farbe ausgebende oder verarbeitende Geräte gibt (z.B. Monitore, Scanner, Drucker, ...), die auf unterschiedlichen Farbsystemen aufbauen.

Die Kommunikation dieser verschiedenen Systeme und deren Umwandlung ineinander sind Probleme, mit denen sich die Informatik beschäftigt. Diese Ausarbeitung stellt die gebräuchlichsten Farbräume vor und zeigt einige Formeln zur Umwandlung von Farbsystemen in andere Farbsysteme auf.

2. Definition

Farbe ist „diejenige Gesichtsempfindung eines dem Auge des Menschen strukturlos erscheinenden Teiles des Gesichtsfeldes, durch die sich dieser Teil bei einäugiger Beobachtung mit unbewegtem Auge von einem gleichzeitig gesehenen, ebenfalls strukturlosen angrenzenden Bezirk allein unterscheiden kann.“

(Definition nach DIN 5033)



Abb. 1: Trotz Strukturlosigkeit der Fläche, lässt sich durch die Farbe ein Unterschied erkennen.

3. Farbwahrnehmung

Da die Farbe nur über die Augen wahrgenommen werden kann, ist in diesem Kapitel beschrieben, wie Farbe von der Außenwelt in das Auge und von da aus in unser Gehirn gelangt.

2.1. Farbreiz

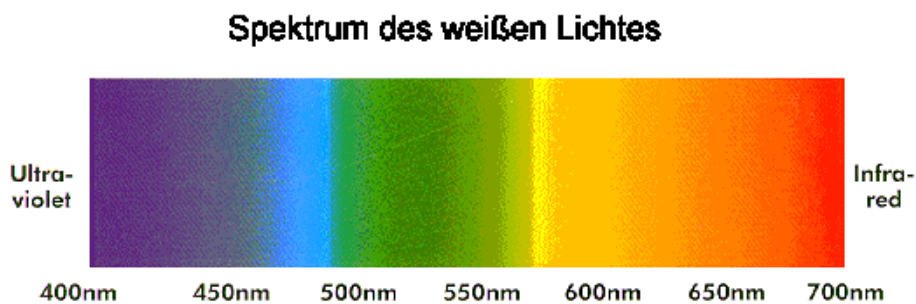


Abb. 2: Das Spektrum des (ungefilterten) weißen Lichtes von Ultra-violett (380nm) bis Infrarot (780nm).

Die wahrgenommene Farbe kommt meist von Körpern, die durch Licht mit einem kontinuierlichen Lichtspektrum beleuchtet werden. Dieses „weiße“ Licht wird in der Regel von heißen Körpern ausgestrahlt, beispielsweise der Sonne, einer Kerzenflamme oder einer Glühlampe.

Das Licht besteht aus drei voneinander unabhängigen Grundfarben (Primärvalenzen). Man kann also aus zwei dieser Grundfarben die dritte nicht durch Mischen erhalten. Die drei Primärvalenzen sind Rot, Grün und Blau. Körper absorbieren einige Wellenlängen aus diesem auftreffenden Licht. Das zurückgestrahlte Licht ist dann aufgrund des veränderten Spektrums farbig.

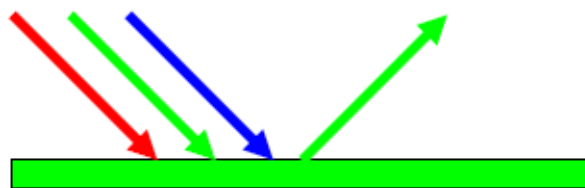


Abb. 3: Das weiße Licht trifft auf ein Objekt, welches nur bestimmte Farbanteile durchlässt und den Rest absorbiert. Die im Auge ankommenden Farbanteile machen das Objekt farbig.

Davon zu unterscheiden sind Lichtquellen mit einer definierten Wellenlänge, wie zum Beispiel LEDs, Laser und Natriumdampflampen. Diese Lichtquellen sind nahezu monochrom (einfarbig) und sind nicht allein geeignet, die Farbe eines Körpers „wiedergeben“. (Der Körper wäre dann farblos bzw. hätte dieselbe Farbe wie das Licht).

Im Tierreich sind einige Arten vertreten, die nur eine Farbe wahrnehmen können. (z.B. Seelöwen sehen nur den Grün-Anteil des Lichts.) Diese Arten sind demzufolge farbenblind. Erst mit zwei oder mehr Grundfarben gelingt das tatsächliche Farbsehen.



Abb. 4: Dieses Bild zeigt gut, dass Schatten eben genau die Abwesenheit von Licht bedeutet. In der Mitte ist der Hauptschatten. Dieser ist dunkel, da dort gar kein Licht ankommt. Die beiden Randschatten sind farbig, da hier genau ein farbiges Licht ankommt und das andere verdeckt wird. Der Rest der Fläche wird von beiden Strahlern beleuchtet.

2.2. Farbvalenz

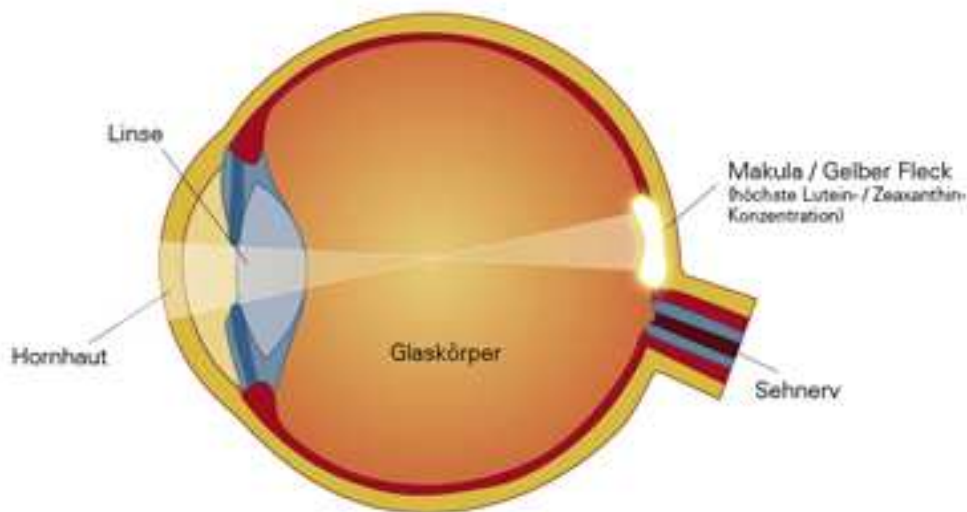


Abb. 5: Querschnitt des Augapfels. Das Licht dringt durch die Hornhaut auf die Linse, wird dort gebrochen und auf die hintere Wand des Auges projiziert - der Netzhaut. Dort sitzen die lichtempfindlichen Zapfen und Stäbchen.

Zur Wahrnehmung des Lichts gibt es spezielle lichtempfindliche Zellen in der Netzhaut des Auges. Mit diesen spezialisierten Zellen wird ein Lichtsignal aus der Außenwelt in ein für das Gehirn verwertbares Signal umgewandelt.

Man unterscheidet zwei Arten:

- Stäbchen. Sie sind am empfindlichsten für Licht und reagieren hauptsächlich auf eine Wellenlänge von etwa 500 nm (blaugrün). Außerdem sind sie vor allem für das Nachtsehen wichtig.
- Zapfen. Der Mensch besitzt drei Arten dieser Zellen, die sich in ihrer spektralen Empfindlichkeit unterscheiden. (kurzwelliges Licht – Blau, mittelwelliges Licht – Grün, langwelliges Licht – Rot). Tiere haben eine unterschiedliche Anzahl von Zapfen (1 bis 4).

Erst ab einem bestimmten Helligkeitswert wird von den Stäbchen auf die Zapfen umgeschaltet. Bei gleicher Erregung der Zapfen entsteht ein unbuntes Bild (weiß, grau oder schwarz).

Ursprünglich waren vier Zapfenarten für Wirbeltiere geplant: für ultraviolettes, kurz-, mittel-, und langwelliges Licht. Die ersten Säugetiere lebten als nachtaktive Wesen und entwickelten ein angepasstes Farbsehen mit einer dafür angepassten Netzhaut (Viele Stäbchen, nur zwei Zapfentypen). Im Laufe der Evolution bildete der fruchtfressende Primat wieder einen dritten Zapfentyp aus aufgrund der Vorteile bei der Nahrungssuche.

2.3. Farbeindruck

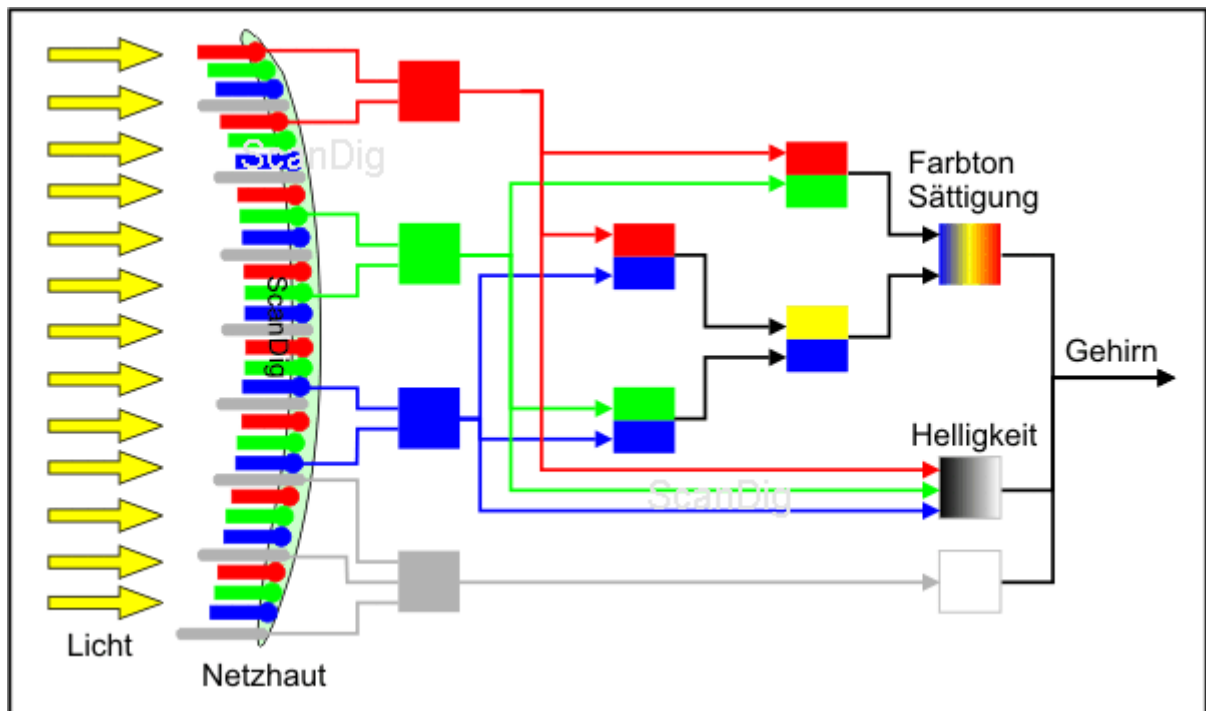


Abb. 6: Nachdem das Licht von den Zapfen und Stäbchen interpretiert wurde, wird diese Information weiter verarbeitet. Es entstehen Farbton, Sättigung und Helligkeit, die dann ans Gehirn weitergeleitet werden.

Die Zapfen werden so schnell gereizt, dass wir davon „aktiv“ überhaupt nichts mitbekommen.

Die Farbwahrnehmung geschieht unbewusst.

Bevor die Informationen an das Gehirn weitergegeben werden können, müssen sie noch entsprechend vorbereitet werden. Dies wird durch eine komplizierte Verschaltung in der Netzhaut und im Sehnerv realisiert. Es werden die Paare (Rot, Grün) und (Blau, Gelb) geformt. Daraus wird wiederum der Wert für den Farbton und die Sättigung berechnet.

Außerdem wird aus der Erregung der einzelnen Zapfen der gesamte Helligkeitswert berechnet. Diese drei Werte werden an das Gehirn weitergeleitet.

4. Farbtheorie:

In diesem Kapitel sollen zunächst einige Grundlagen der Farbtheorie vermittelt werden. Im Anschluss werden einige bekannte Farbräume, ihre Anwendungsgebiete und die Umwandlung ineinander beschrieben.

4.1. Grundlagen

4.1.1. Dreifarbentheorie:

Die Dreifarbentheorie wurde maßgeblich von Herrmann von Helmholtz und Thomas Young entwickelt. Sie besagt, dass sich aus farbigem Licht dreier Primärfarben jede beliebige andere Farbe mischen lässt. Dies beruht auf dem System der Linearkombination, bei dem die drei Grundfarben linear unabhängig sind und einen Vektorraum aufspannen.

4.1.2. Gegenfarbentheorie:

Diese Theorie geht auf Karl Ewald Konstantin Hering zurück. Er erkannte, dass sich sowohl Gelb und Blau, Rot und Grün, als auch Schwarz und Weiß gegenseitig ausschließen, man also aus diesen Farbenpaaren keine farbige Mischfarben herleiten konnte.

4.1.3. Metamerie

Mit Metamerie bezeichnet man den Sachverhalt, dass derselbe Farbeindruck von Licht unterschiedlicher spektralen Zusammensetzung hervorgerufen werden kann.

4.1.4. Farbtiefe

Unter Farbtiefe versteht man die Zahl der Bits, die zur Beschreibung der Farbe eines Pixels verwendet werden. Je mehr Bits verwendet werden, desto mehr unterschiedliche Farbabstufungen kann ein Pixel haben. Der gebräuchlichste Modus ist 8 Bit pro Farbkanal, was $(2^8)^3 = 16.777.216$ möglichen Farben pro Pixel entspricht. Es gibt aber auch durchaus Anwendungsbereiche für 16 Bit Farbtiefe (z.B. hochwertige Drucke, Bildbearbeitungssoftware).

4.1.5. Farbkonstanz

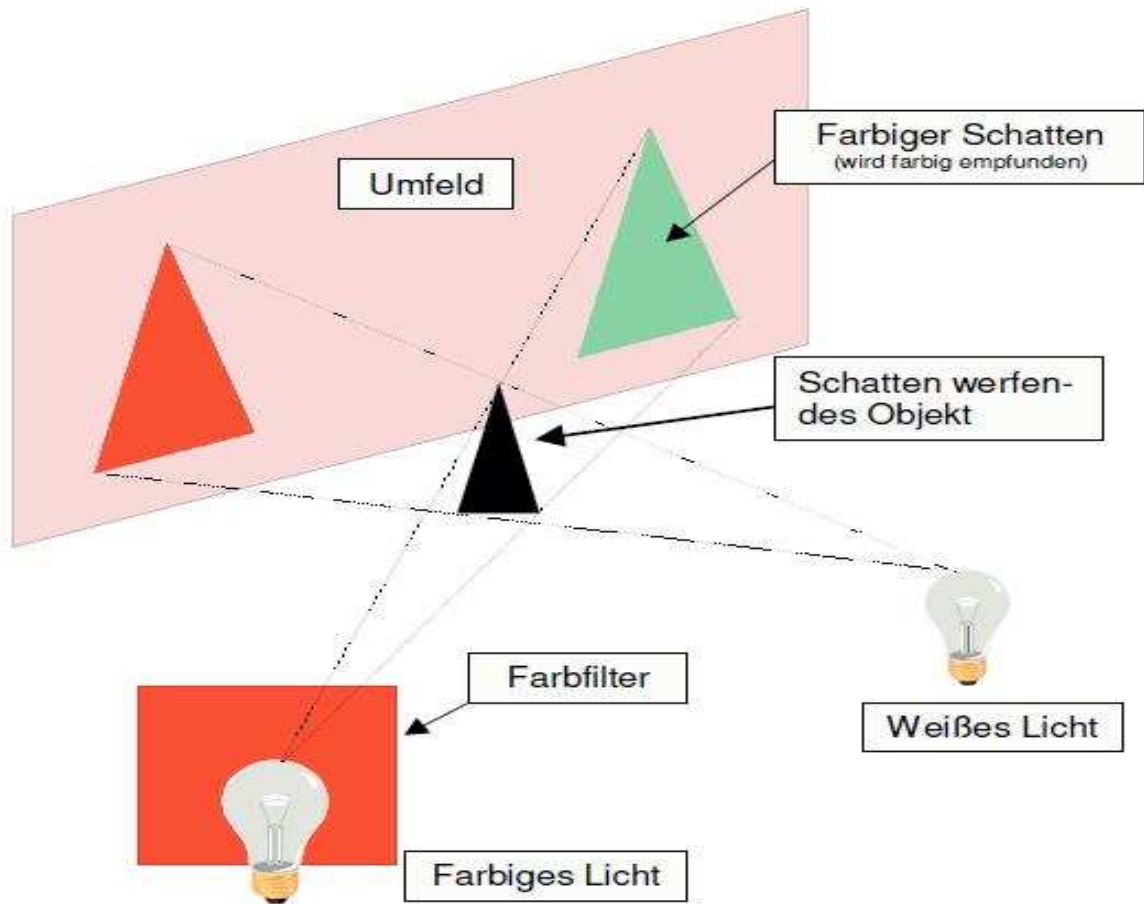


Abb. 7: Zu sehen ist ein einfaches Experiment zur Veranschaulichung der Farbkonstanz. Benötigt wird eine weiße Lichtquelle (Umgebungslicht) und eine farbige Lichtquelle. Wird nun ein Objekt wie dargestellt beleuchtet, entsteht ein leicht gefärbtes Umfeld aufgrund der Mischung von beiden Lichtquellen. Da wo die weiße Lichtquelle einen Schatten wirft, kommt nur das farbige Licht an. Da wo das farbige Licht den Schatten wirft, kommt nur weißes Licht an. Entgegen der Erwartung sehen wir aber keinen weißen Schatten, sondern die Komplementärfarbe des farbigen Lichts. (In diesem Fall Cyan).

Tatsächlich spielt uns hier unser Gehirn etwas vor: Der Schatten aus dem Experiment ist physikalisch weiß. Das Gehirn interpretiert es nur anders, nämlich immer als Komplementärfarbe zur Umgebung. Dieser Effekt ist durch viele Jahre Evolution aufgrund der Beleuchtungsunterschiede im Laufe eines Tages entstanden. Denn morgens und abends kommt auf der Erde eher langwelliges (blaues) Licht und mittags eher kurzwelliges (rotes) Licht an. Trotzdem sehen Objekte nicht anders aus, dank der Farbkonstanz.

4.2. Der RGB-Farbraum

Der RGB-Farbraum geht von 3 Primärvalenzen aus. Rot, Grün und Blau. Diese sind linear unabhängig und spannen den RGB-Farbraum auf.

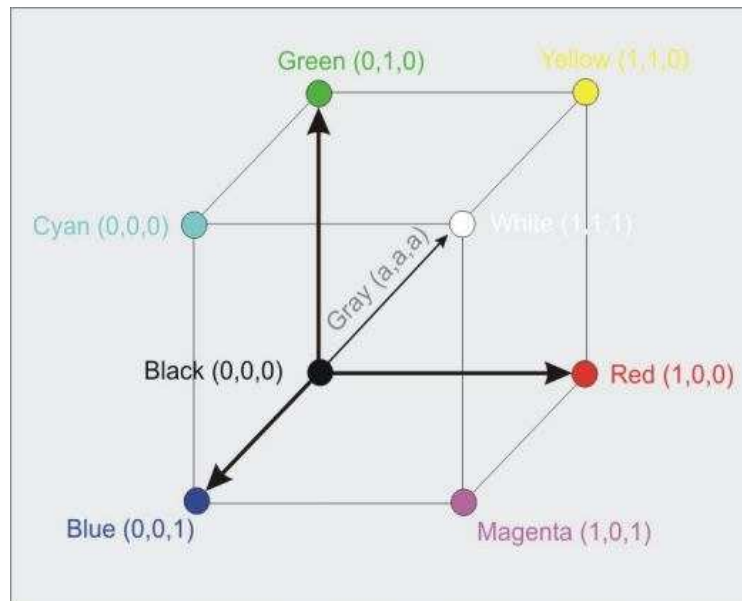


Abb. 8: Der RGB-Farbraum mit den Basisvektoren Rot, Grün und Blau. Die Raumdiagonale ist die Graulinie, die die Gleichverteilung der drei Werte darstellt.

Da im RGB-Farbsystem Farben als Mischprodukte aus den Grundfarben Rot, Grün und Blau definiert werden, ist es besonders gut auf Geräte anwendbar, die direkt mit Licht arbeiten.

Typische Beispiele wären ein Farbmonitor oder ein Scanner.

Das RGB-Farbsystem ist additiv, das heißt bei Ausbleiben jeglicher Primärvalenzen ist die Ergebnisfarbe Schwarz. Wenn alle drei Valenzen volle Intensität besitzen, ist die Ergebnisfarbe Weiß. Beispielsweise ist Magenta eine Überlagerung von Rot und Blau.

Bei einer Farbtiefe von 8 Bit also:

$$\text{FF0000} + \text{0000FF} = \text{FF00FF}$$

Eine Erweiterung des RGB-Farbraums stellt der RGBA-Farbraum dar. A steht für den zusätzlichen Alpha-Kanal. Dieser kann die Farbe zusätzlich transparent machen. Sie kann also zu einem gewissen Prozentanteil eine darunterliegende Farbe durchlassen. Diese Technik wird zum Beispiel eingesetzt, wenn man eine Glasscheibe simulieren will. Folgende Formel kommt zum Einsatz:

$$E = a * V + (1-a) * H$$

E ist die Ergebnisfarbe, V die Vordergrund- und H die Hintergrundfarbe. Die Transparenz entsteht durch die Transparenz a, die Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann. Bei 1 entsteht keinerlei Transparenz, bei 0 ist die Vordergrundfarbe komplett durchsichtig und man sieht nur die Hintergrundfarbe.

Analog kann man eine Formel für drei Alphakanäle definieren (jeweils für Rot, Grün und Blau):

$$E = a_r * R_v + a_g * G_v + a_b * B_v + (1-a_r) * R_h + (1-a_g) * G_h + (1-a_b) * B_h$$



Abb. 9: Transparenz durch farbige Glasscheiben

4.3. Der CMY-Farbraum

Der CMY-Farbraum geht von 3 Primärvalenzen aus. Cyan, Magenta und Gelb(Yellow). Diese sind linear unabhängig und spannen den CMY-Farbraum auf.

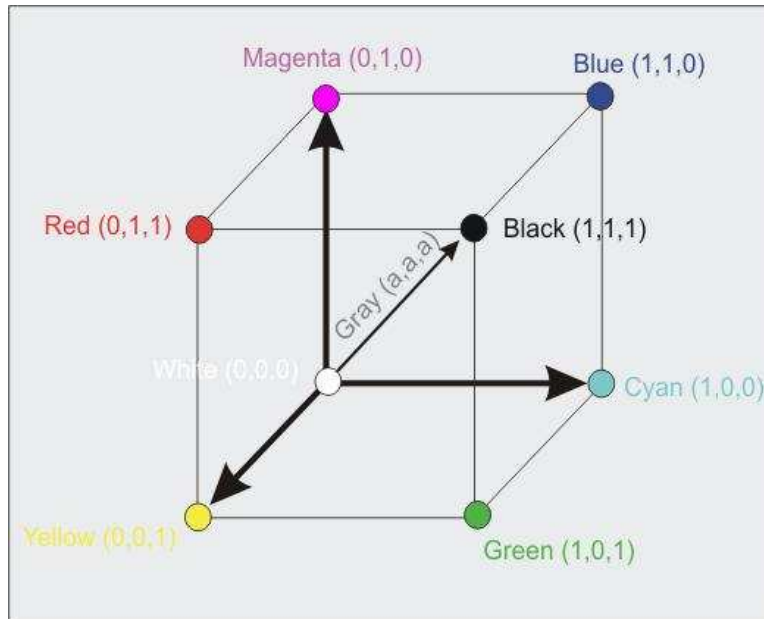


Abb. 10: Der CMY-Farbraum mit den Basisvektoren Cyan, Magenta und Gelb(Yellow). Die Raumdiagonale ist die Graulinie, die die Gleichverteilung der drei Werte darstellt.

Dieses Farbmodell ist ein weiteres Modell, das die Entstehung von Farben als Ergebnis einer Mischung aus drei Primärfarben beschreibt. Im Gegensatz zum RGB-Modell werden die Farben nicht additiv, sondern subtraktiv erzeugt.

Die Umrechnung von RGB in CMY ist einfach, da diese beiden Farbräume mathematisch komplementär sind, d.h.:

$$C=1-R, \quad M=1-G \quad \text{und} \quad Y=1-B.$$

Beispielsweise entsteht die Farbe Rot mit einer Farbtiefe von 8 Bit aus den Farben Magenta und Gelb.

$$\begin{array}{l} 1\text{-FF00FF} \\ 00FF00 \end{array} + \begin{array}{l} 1\text{-FFFF00} \\ 0000FF \end{array} = \begin{array}{l} 1\text{-FF0000} \\ 00FFFF \end{array} \equiv$$

Magenta ist eine Mischung aus Rot und Blau und absorbiert somit Grün. Gelb ist eine Mischung aus Rot und Grün und absorbiert somit Blau. Beide Farben zusammen absorbieren also Grün und Blau und lassen nur noch das Rot durch.

Das CMY-Farbsystem findet seine Verwendung in der Drucktechnik, da das zu bedruckende Objekt am Anfang meist farblos ist und theoretisch Schwarz bei Vorhandensein aller drei Farben entsteht.

Idealerweise müsste der Zusammendruck von Cyan, Magenta und Gelb ein sattes Schwarz ergeben. In der Realität ergibt sich aber nur ein sehr dunkler Brauntönen. Deswegen kommt der schwarzen Druckfarbe eine besondere Bedeutung zu. Es entsteht der erweiterte CMYK-Farbraum. K steht hier für Key und meint die Schwarzkomponente.

Ein anderer Grund für das zusätzliche Drucken mit Schwarz ist die Farbseparation eines Bildes. Sie vermeidet, dass zu viele Farben übereinander gedruckt werden. Somit wird Farbe gespart und die Farbe trocknet schneller.

Für die Farbseparation gibt es zwei verschiedene Methoden:

Bei der Unterfarbenentfernung werden alle Anteile einer Farbe, bei denen die drei Primärvalenzen gleich verteilt sind und damit in der Mischung eine Grauabstufung darstellen, durch die vierte Farbe Schwarz ersetzt.

Der Unbuntaufbau verringert alle Primärfarben um einen bestimmten Anteil und baut ihn durch die vierte Farbe Schwarz wieder auf.

Die Umrechnung in den RGB-Modus ist nicht exakt möglich, da man einem CMYK-Bild anschließend nicht mehr ansehen kann, wie dieser Aufbau zustande kam.

4.4. Der CIE-XYZ Farbraum

CIE ist französisch und steht für Internationale Beleuchtungskommission.

Diese Kommission hat durch Tests an 17 Personen den sogenannten Normalbeobachter ermittelt. Man wollte ein Farbmodell kreieren mit 2 Vorteilen: Unabhängigkeit vom zugrunde liegenden Gerät und Darstellbarkeit aller vom Mensch wahrnehmbaren Farben.

Es wurde ein Experiment durchgeführt, bei dem den Beobachtern eine bestimmte Farbe des Lichtspektrums gezeigt wurde und diese mit Hilfe von 3 Lichtstrahlern die Zielfarbe durch justieren der Intensitäten nachstellen sollten. (Dies ist möglich durch Metamerie, siehe Abschnitt 4.1.3.)

Bei manchen Testfarben gab es keine vollständige Übereinstimmung. In diesem Fall konnte der Beobachter noch eine Primärfarbe der Testfarbe hinzufügen in der Form

$$G + B = T + R$$

Dies wurde dann in Form eines negativen Wertes für diese Grundfarbe festgehalten

$$T = -R + G + B$$

Das Ergebnis des Experiments war eine Wertetabelle, die jedem Wert des Spektrums des sichtbaren Lichtes (380nm-780nm) eine prozentuale Verteilung der RGB Werte zuordnet.

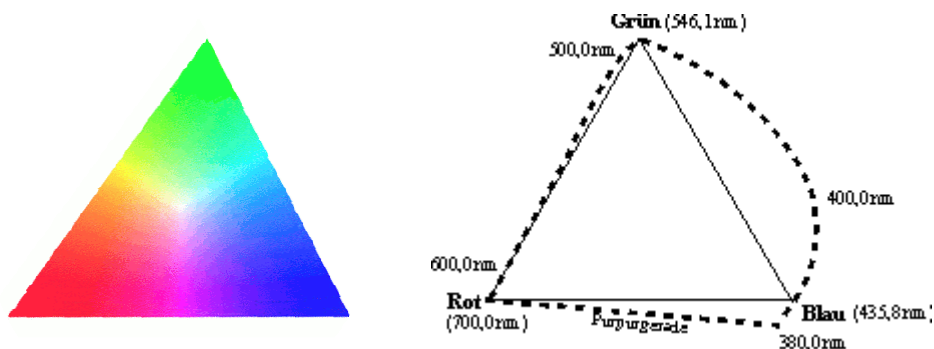


Abb. 11: Links: Der RGB-Farbraum als Dreieck. Rechts: Die ermittelten Werte aus dem Experiment im Vergleich zum RGB-Farbraum. Man sieht deutlich, dass einige Farben des Spektrums außerhalb des RGB-Farbraums liegen.

Dieses Diagramm wurde noch transformiert in ein Koordinatensystem.

Hier gibt es keine negativen Werte mehr, die ursprünglichen Primärvalenzen wurden umgerechnet in virtuelle Primärvalenzen. Sie heißen virtuell, weil sie im Unterschied z.B. zum RGB-System selbst gar nicht im sichtbaren Bereich des Lichtes liegen.

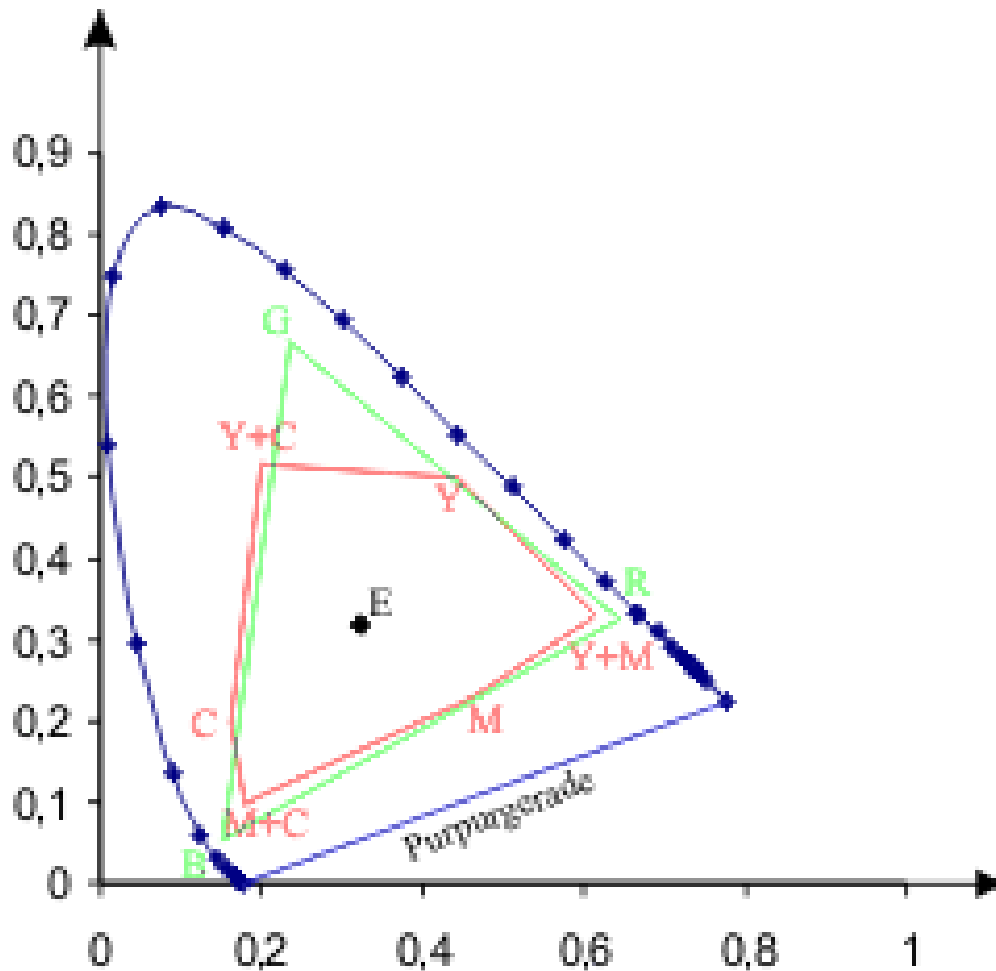


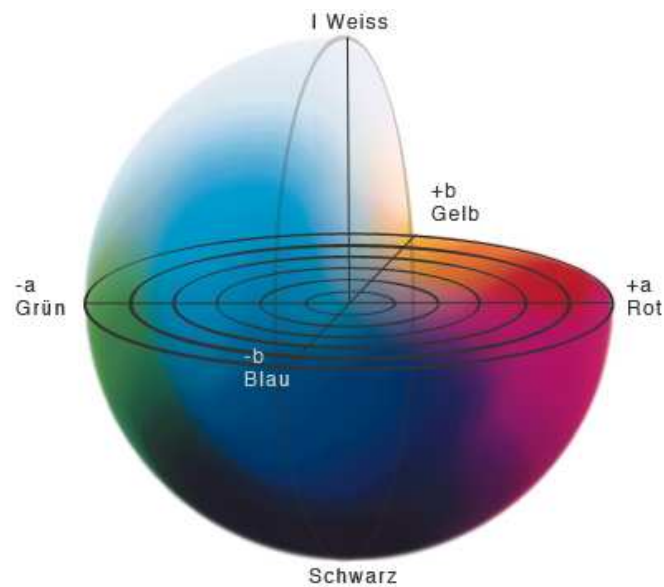
Abb. 12: In diesem Farbraum stellt die gebogene, äußere Linie (Spektralfarbenzug) die Wellenlänge dar, während die gerade Linie, die die beiden Enden verbindet, die Mischungen aus Rot und Blau darstellt. Man nennt diese Linie "Purpurgerade". Alle Farben, die aus den Spektralfarben additiv gemischt werden können, liegen innerhalb der Fläche. In diesem System gibt die x-Achse den Rotwert, die y-Achse den Grünwert und Y den Hellbezugswert (die hier nicht dargestellte dritte Dimension) an.

Bis heute ist die CIE-Normfarbtafel das meistverwendete Farbbeschreibungssystem.

Wie man schon auf Abb. 12 erkennen kann, sind die RGB- und CMY- Farbräume lediglich Unterräume dieses universellen, virtuellen Farbraums. Man sieht außerdem, dass die beiden Farbräume nicht deckungsgleich sind, d.h. es gibt Farben, die man mit einem Monitor anzeigen, aber nicht ausdrucken kann, und umgekehrt.

4.5. Der CIE-L*a*b*-Farbraum

Das CIE-XYZ-Modell hat den Nachteil, dass die Farben nicht die gleichen Abstände zueinander haben. CIE-L*a*b* ist die uniforme Variante des CIE-XYZ-Modells, in dem der euklidische Abstand zwischen zwei Farben dem visuell wahrgenommenen Abstand entspricht.



*Abb. 13: Der CIE-L*a*b*-Farbraum. Im direkten Vergleich mit dem CIE-XYZ von weiter oben, wäre dieses Modell ein exakter Kreis. Unter Hinzunahme der Helligkeitsinformation entsteht eine Kugel. Die Farbenpaare Rot-Grün, Blau-Gelb und Schwarz-Weiß liegen sich gegenüber (Siehe Gegenfarbentheorie Abschnitt 4.1.2.)*

Im CIE-L*a*b*-Modell liegen alle Farbtöne gleicher Helligkeit auf einer kreisförmigen, flachen Ebene, auf der sich die a- und b-Achsen befinden. Am Umfang der Farbscheibe liegen die reinen Farbtöne mit hoher Sättigung. Nach innen nimmt die Sättigung bis zur Achse ab, dort ist sie Null (unbunt).

4.6. Der HSV-Farbraum

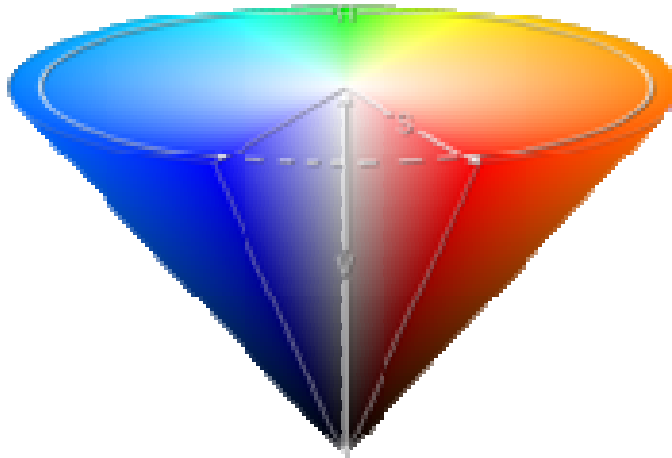
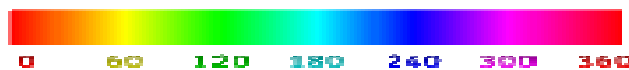


Abb. 14: Der HSV-Farbraum beschreibt die Farbe nicht mit drei linear unabhängigen Primärfarben sondern bedient sich des ersten Grassmannschen Gesetztes: „Jeder Farbeindruck kann mit genau drei Grundgrößen vollständig beschrieben werden.“, der als eine Erweiterung der Dreifarbentheorie verstanden werden kann. Das Farbmodell kommt mit den drei Werten Farbton, Sättigung und Helligkeit aus und zählt damit zu den intuitiven Farbmodellen.

Das HSV-Modell benutzt die Einteilung der Farbe nach ihrem Farbton (engl. **H**ue), der aus einer Skala ähnlich dem Farbspektrum ermittelt werden kann und von 0° bis 360° reicht,



die Sättigung **S** der Farbe, je geringer die Sättigung einer Farbe, desto mehr Weiß ist enthalten, und dem Helligkeitswert (engl. **V**alue).

In Bezug auf die Farbnachstellung wird das HSV-Modell gegenüber dem RGB- und CMY-Modell bevorzugt, weil es der menschlichen Farbwahrnehmung im Gehirn ähnelt. Es ist also leichter, die gewünschte Farbe einzustellen, denn man kann zuerst den Farbton wählen und dann entscheiden, wie gesättigt und wie hell dieser sein soll. RGB und CMYK sind dagegen an ihre jeweiligen Grundfarben gebunden, sodass weniger die freie Wahl, sondern das Farbergebnis im Vordergrund steht. Wenn man einen der drei Farbanteile ändert, dann

beeinflusst man ggf. nicht nur den Farbton, sondern gleichzeitig auch die Sättigung und die Helligkeit.

Der HSV-Farbkegel im Vergleich zum CIE-Modell:

- Der Winkel bestimmt den Farbton (→ Spektralfarbenzug und Purpurlinie).
- Der Radius steht für die Sättigung der Farbe (→ Abstand Weißpunkt zum Rand)
- Die Höhe des Kegels ist die Helligkeit. (→ Grauchse senkrecht auf Weißpunkt)

Zur Umrechnung vom RGB- in den HSV-Farbraum und umgekehrt soll hier der Formelsatz von Gonzalez und Woods dienen:

a) RGB → HSV

Vorbedingung: R, G, B in $[0,1]$, → Umrechnung $R = R_{\text{abs}} / R_{\text{ges}}$

$$MAX := \max(R, G, B), \quad MIN := \min(R, G, B)$$

$$H := \begin{cases} 0^\circ, & \text{falls } MAX = MIN \Leftrightarrow R = G = B \\ 60^\circ \cdot \left(0 + \frac{G-B}{MAX-MIN}\right), & \text{falls } MAX = R \\ 60^\circ \cdot \left(2 + \frac{B-R}{MAX-MIN}\right), & \text{falls } MAX = G \\ 60^\circ \cdot \left(4 + \frac{R-G}{MAX-MIN}\right), & \text{falls } MAX = B \end{cases}$$

falls $H < 0^\circ$ dann $H := H + 360^\circ$

$$S := \begin{cases} 0 & \text{falls } MAX = 0 \Leftrightarrow R = G = B = 0 \\ \frac{MAX-MIN}{MAX}, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$V := MAX$$

Nachbedingung: $H \in [0^\circ, 360^\circ)$, $S, V \in [0, 1]$

b) HSV \rightarrow RGB

Vorbedingung: $H \in [0^\circ, 360^\circ]$, $S, V \in [0, 1]$

Es werden das Grundfarbenintervall h_i , der Wert innerhalb dieses Intervalls f in $[0,1)$ und noch drei Hilfwerte bestimmt, die bereits die jeweiligen Streckenlängen enthalten aber entsprechend auf die Komponenten R , G und B zu verteilen sind:

$$h_i := \left\lfloor \frac{H}{60^\circ} \right\rfloor; \quad f := \frac{H}{60^\circ} - h_i$$

$$p := V \cdot (1 - S); \quad q := V \cdot (1 - S \cdot f); \quad t := V \cdot (1 - S \cdot (1 - f))$$

$$(R, G, B) := \begin{cases} (V, t, p), & \text{falls } h_i \in \{0, 6\} \\ (q, V, p), & \text{falls } h_i = 1 \\ (p, V, t), & \text{falls } h_i = 2 \\ (p, q, V), & \text{falls } h_i = 3 \\ (t, p, V), & \text{falls } h_i = 4 \\ (V, p, q), & \text{falls } h_i = 5 \end{cases}$$

Nachbedingung: $R, G, B \in [0, 1]$

5. Quellen:

<http://www.farbe.com>

<http://www.filmscanner.info>

<http://www.johannes-leckbusch.de/Farben/Farbkreise>

<http://www.teialehrbuch.de/Kostenlose-Kurse/Adobe-Photoshop>

<http://www.mediengestalter.info>

<http://www.copyshop-tips.de/luf06.php>

<http://www.tech-faq.com/hsv.shtml>