

Teil 6: Farbe

Farbräume, Verwendung von Farbe

Einleitung

Farbe:

- ◆ Wichtiger Bestandteil d. vis. Wahrnehmung
- ◆ **Mehrdimensional** (Farbton, Helligkeit, etc.)
- ◆ Rechnen mit Farben: **Farbmetrik**
- ◆ Was ist Farbe überhaupt?
 - ◆ Eigenschaft von Licht
 - ◆ Objekteigenschaft (indirekt: Reflexion)
 - ◆ Farbreiz (Sinnesempfindung)
 - ◆ Farbwahrnehmung (mental)

Farbreiz vs. Farbwahrnehmung

Farbreiz (physikalische Eigenschaft)

- ◆ dominant wavelength
- ◆ purity
- ◆ luminance

Farbwahrnehmung (vis. Eigenschaft)

- ◆ Farbton (hue)
- ◆ Sättigung (saturation)
- ◆ Helligkeit (brightness/lightness)

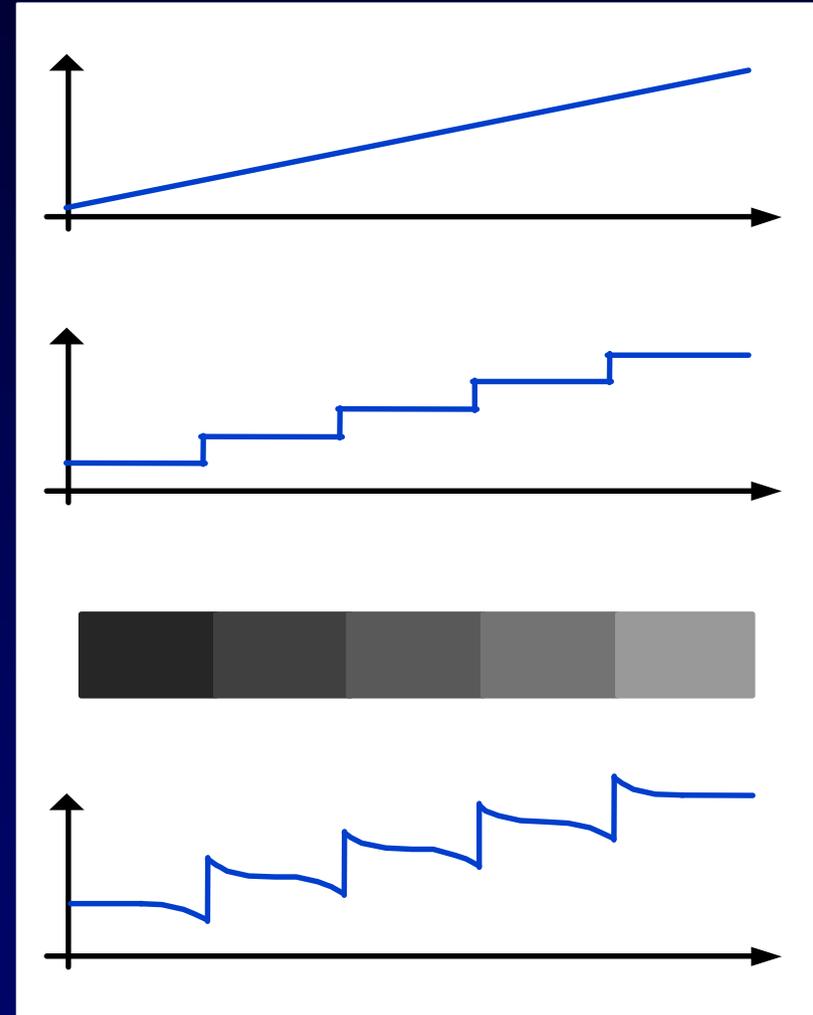
Farbwahrnehmung

Farbreiz (geg. durch
Objekteigenschaften
und Beleuchtung)

**Eigenschaften der
umgebenden
Objekte**

**Visuelle System des
Betrachters**

**Beispiel:
„Mach-Band“ Effekt**



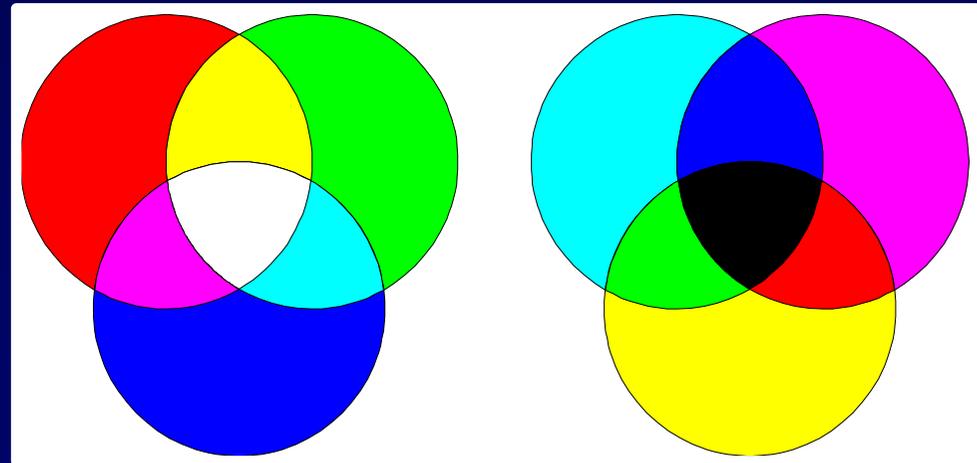
Farbmischung

Additive Farbmischung

- ◆ Kombination von Lichtstrahlen
- ◆ Beispiele: CRT, Video Beamer

Subtraktive Farbmischung

- ◆ Komb. von Farbstoffe (Pigmente, Absorption)
- ◆ Beispiel: Tintenstrahldrucker



Farbmodelle

Vergleichskriterien:

- ◆ Bezug zur menschlichen Wahrnehmung
- ◆ Darstellbarkeit aller Farben
- ◆ Auswahl von Farben gleicher Helligkeit
- ◆ Hardware-/benutzerorientiert
- ◆ Intuitive oder theoretische Spezifikation

Beispiele: CIE, CIE-LAB, CIE-LUV, RGB, CYM(K), HSV, HLS

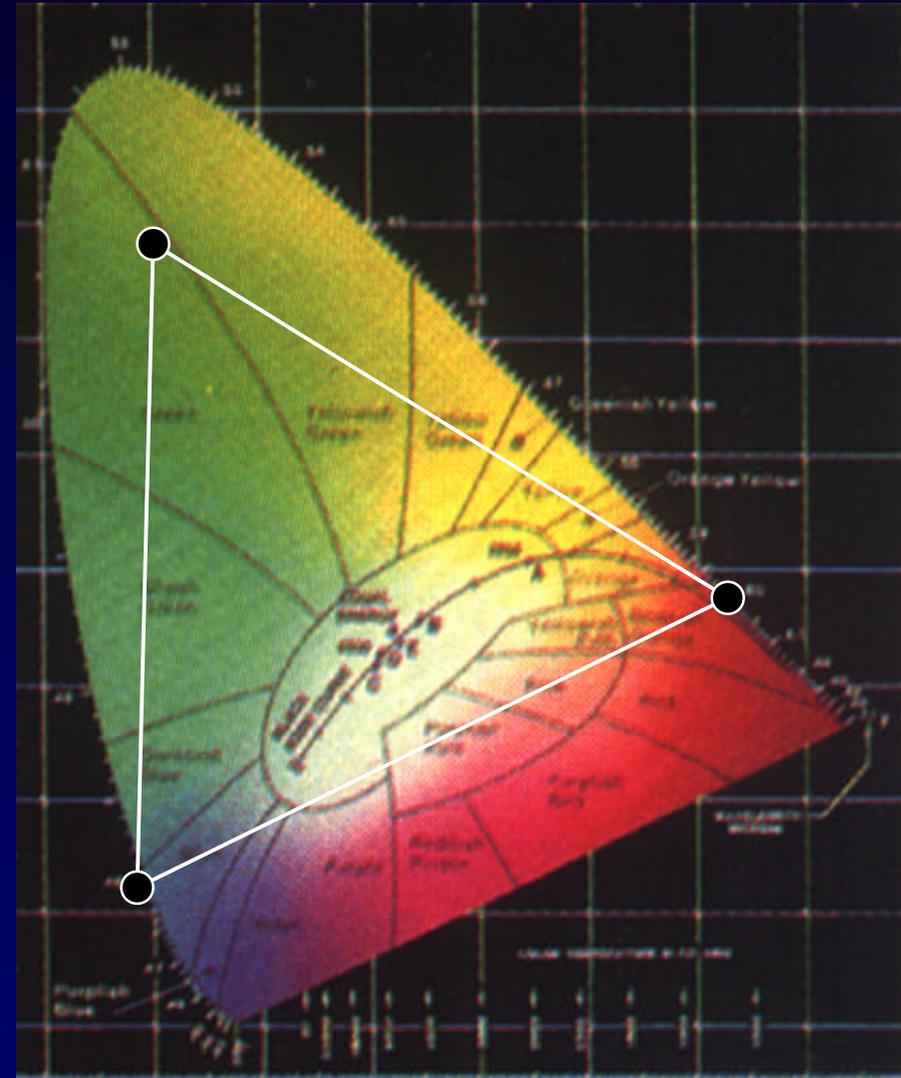
Standard: CIE

Alle Farben
definiert

Farben gleicher
Helligkeit

Komplementär-
farben

„Color Gamut“



Herkömmliche Farbmodelle

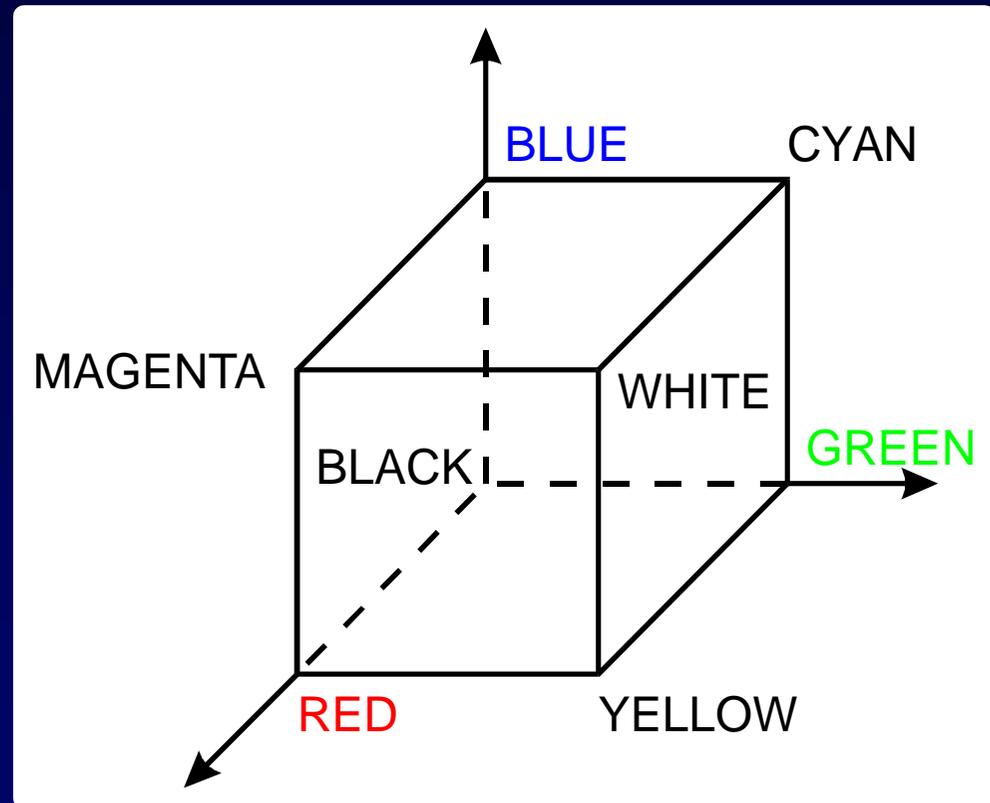
Einfache Abbildung des Modelles auf die verwendeten Geräte

Basierend auf additive oder subtraktive Farbmischung je nach Ausgabemedium

Beispiele: RGB, CMY(K)
HSV, HLS

RGB-Farbwürfel

3 Koordinatensystem:
rot, grün, blau
Additive Farbmischung
Einsatz: CRT



CMY/CMYK Farbraum

3 Koord.sys.: cyan, magenta, yellow

Subtraktive Farbmischung

Einsatz: Druckbereich

Umrechnung RGB - CMY:

$$R/G/B = 1 - \bar{C}/\bar{M}/\bar{Y}$$

CYMK: Zusätzliche Komponente

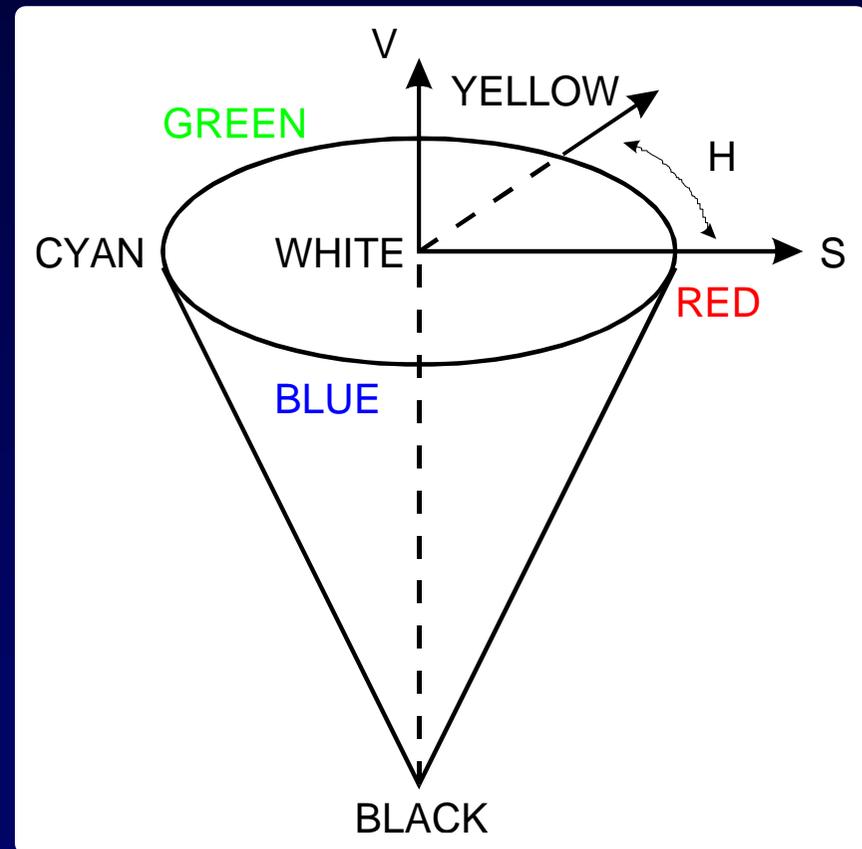
- ◆ $K = \min\{C, M, Y\}$
- ◆ $C/M/Y = C/M/Y - K$

HSV

Zylindrisches Koordinatensystem:

- ◆ Value: Höhe
- ◆ Saturation: Abstand zur Achse
- ◆ Hue: Winkel in der SV-Ebene

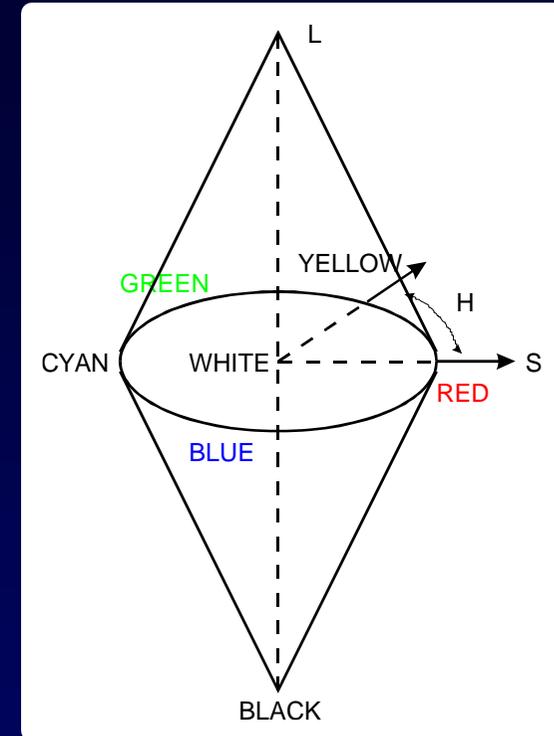
Darstellbare Farben repräsentieren eine Pyramide



Weitere Modelle

HLS

- ◆ Hue
- ◆ Lightness
- ◆ Saturation
- ◆ Doppelte Pyramide



NCS - Natural Color System

CNS - Color Naming System

YIQ - NTSC Farbsystem

Natural Color System (NCS)

Grundfarben:

blue, red, yellow, green

Farbmischungen:

<SS><CC>-<F1><%%><F2>

SS	Schwarzanteil
CC	Farbanteil
F1	Farbe 1
%%	Mischungsverhältnis
F2	Farbe 2

Beispiel:

4020-Y60R

Color Naming System (CNS) (1)

Idee: Ein HLS verwandtes, sprachliches Farbmodell mit 7 Grundfarben:

red, green, blue, yellow, purple, orange, brown

Mischfarben: Sind zwischen benachbarten Farben mit den Verhältnissen möglich:

- ◆ 25% / 75%: greenish-yellow
- ◆ 50% / 50%: green-yellow
- ◆ 75% / 25%: yellowish-green

Unbunte Farben: Extrabehandlung

Color Naming System (CNS) (2)

Helligkeiten:

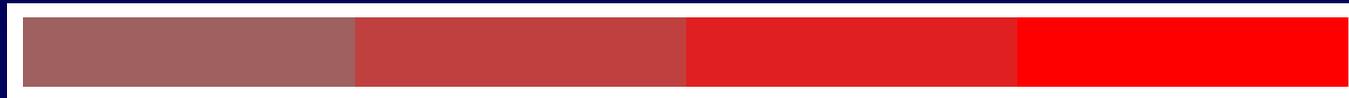
very dark, dark, medium, light, very light



zusätzlich: black, white

(0, 0.16, 0.33, 0.5, 0.66, 0.83, 1.00)

Sättigung: grayish, moderate, strong, vivid



Beispiel:

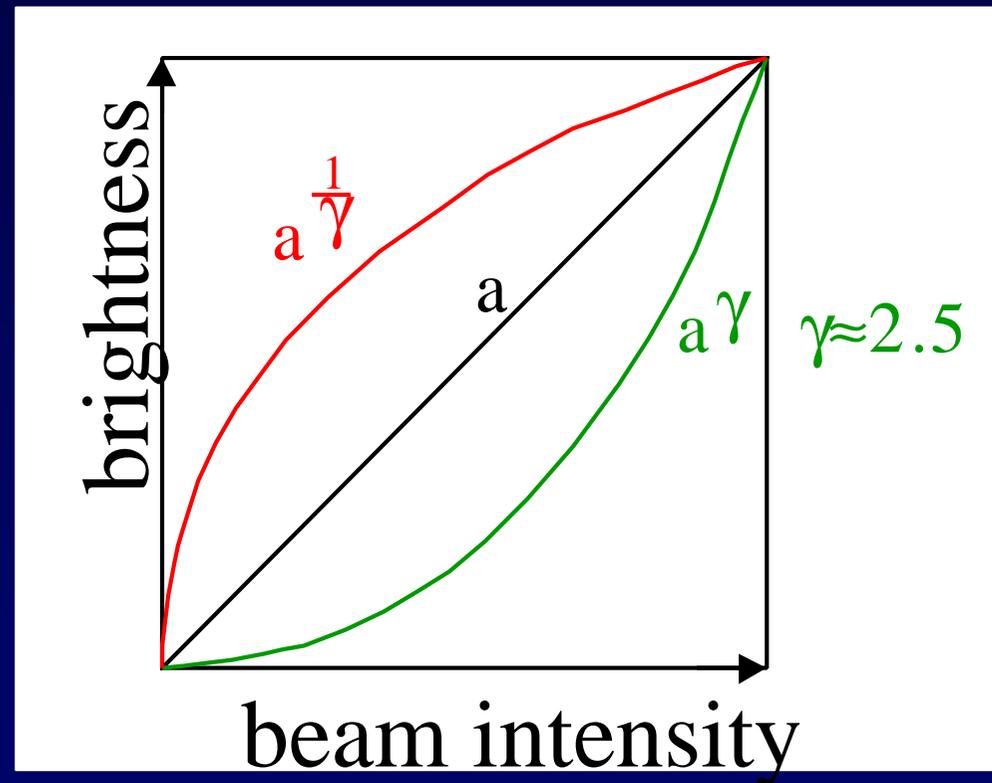
very dark vivid red

Gamma-Korrektur

Der Zusammenhang zwischen Elektronenstrahl-Intensität und Helligkeit ist nicht linear!

Ausgleich:

$$I' = I^{1/\gamma}$$



Reproduktion von Farbe

Darstellung eines synthetischen Bildes
am Bildschirm oder auf Papier
(Echtfarbbilder $\rightarrow 2^n$ -Farben)

Problematik 1 (Rasterbildschirme):

- ◆ geometrische Auflösung ausreichend
- ◆ radiometrische Auflösung nicht erfüllt

Problematik 2 (Druckverfahren):

- ◆ geom. Auflösung mehr als ausreichend
- ◆ radiometrische Auflösung nicht erfüllt

Farbquantisierung

Aufgabenstellung: Darstellung vieler Farben durch einige geeignete Farben mit Hilfe von Farbtabelle(n) (LUT look-up-table).

Verfahren:

- ◆ Uniforme Quantisierung
- ◆ Popularitätsmethode
- ◆ Median-Schnitt-Verfahren
- ◆ Octree-Quantisierung

Uniforme Quantisierung

TrueColor:

8 bit **rot** (256 Stufen)

8 bit **grün** (256 Stufen)

8 bit **blau** (256 Stufen)

16.7 Mio Farben.

256 Farbmodus:

3 bit **rot** (8 Stufen)

3 bit **grün** (8 Stufen)

2 bit **blau** (4 Stufen)

$8 \times 8 \times 4 = 256$ Farben.

Polpularitätsmethode

Idee: finde die K häufigsten Farben und verwende sie in der LUT.

Realisierung:

- ◆ Tabelle mit Häufigkeiten
- ◆ K häufigsten Farben auswählen
- ◆ verwende die nächste Farbe in der Tabelle

Nachteil:

- ◆ kleine Details können durch stark verfälschte Farben dargestellt werden.

Median-Schnitt Verfahren

Idee: Jeder Eintrag der LUT soll durch ungefähr gleich viele Pixel repräsentiert werden.

Realisierung:

- ◆ Teilung des Farbwürfels, sodaß 2 Teile mit genannter Eigenschaft entstehen.
- ◆ Teilung abwechselnd für jede Komponente durchführen bis K Teile (Farben) entstehen.
- ◆ Jeweils der Mittelwert ist der Repräsentant.

Vergleich

1	7	6	5
1	6	5	4
1	5	4	3
1	4	2	1

Original

0	6	6	6
0	6	6	3
0	6	3	3
0	3	3	0

Uniform

1	5	5	5
1	5	5	4
1	5	4	4
1	4	1	1

Popularitätsm.

1	6	6	5
1	6	5	5
1	5	5	1
1	5	1	1

Median Cut

Dithering/Halftoning

Simulation vieler Farbstufen zu Kosten der geometrischen Auflösung

Definition von Schwellwertmatrizen

- ◆ mittig beginnen
- ◆ $N+1$ besitzt alle Punkte von N
- ◆ keine Strukturen erzeugen
- ◆ kompakte Regionen

Alternatives Verf.: „Floyd-Steinberg“-
Fehlerrisummenverfahren

Schwellwertmatrizen

Beispiel für $n=3$:

- ◆ geometrische Auflösung verringert sich um den Faktor 3 (in jede Koordinatenrichtung).
- ◆ Radiometrische Auflösung erhöht sich von 2 (Binärbild) auf 10.

