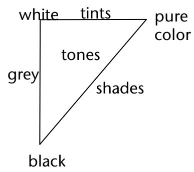
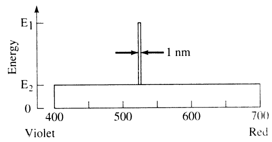
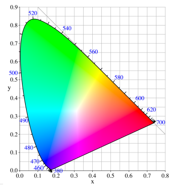
HSV

[Alvy Ray Smith, 1978]

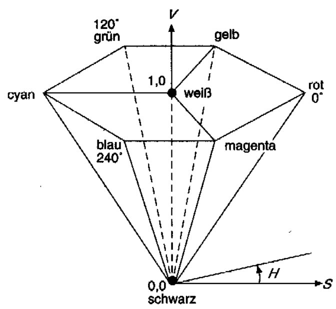
- Problem: RGB & CMY sind sehr unintuitiv
- Menschliche Farbspezifikation arbeitet eher mit
  - "Farbton" (rot, gelb, grün-blau, ...)
  - "Reinheit" ("satte Farbe", "pastell-...")
  - "Helligkeit" (dunkel)
- Entspricht auch eher den Parametern zur Beschreibung von chromatischem Licht
- ... und eher dem CIEXYZ-Farbraum

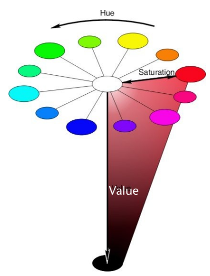




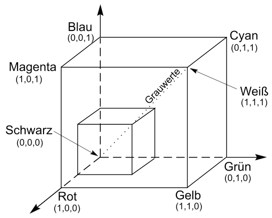


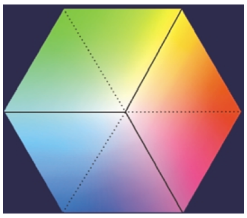
- Lösung: HSV-Farbmodell
  - H = *Hue* = Farbton in Grad = dominante Wellenlänge
  - S = *Saturation* = "Entfernung" von der (unbunten) Achse des Kegels = Verhältnis Energie von Weiß : Energie von dominanter Wellenlänge
  - V = *Value* = Höhe über dem "Boden" = Luminanz
- Anordnung der Farben:
  - Wie im Farbrad
  - Komplementärfarben gegenüber

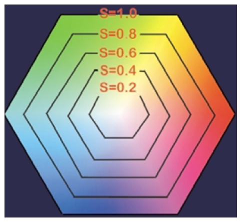




- Geometrische "Interpretation" des HSV-Kegels:
  - Stelle RGB-Würfel auf die schwarze Spitze, so daß die Grau-Achse senkrecht steht
  - Projiziere die "obere Hülle" des Würfels auf die Ebene
- Jede horizontale Schnittfläche entspricht den 3 "oberen" Seiten eines Teilwürfels des RGB-Würfels



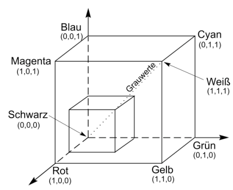


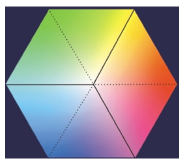


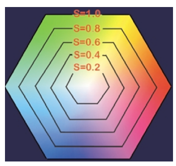
Umrechnung RGB → HSV

- Keine lineare Transformation mehr (logischerweise)
  - Die "oberen" 3 Seiten des Würfels sind definiert durch max(R,G,B) = 1
  - Falls min(R,G,B) = 0 → Farbe liegt auf einer der "unteren" Seiten des RGB-Würfels
- Algo:

1. $V = \max(R, G, B)$
2. $S = \begin{cases} \frac{V - \min(R,G,B)}{V} & , V > 0 \\ 0 & , V = 0 \end{cases}$







3. Falls S>0:

$$H = \begin{cases} 0 + \frac{G-B}{\max - \min} & , R = \max(R,G,B) \\ 2 + \frac{B-R}{\max - \min} & , G = \max(R,G,B) \\ 4 + \frac{R-G}{\max - \min} & , B = \max(R,G,B) \end{cases}$$

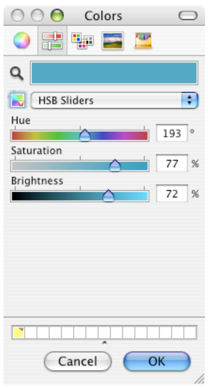
(falls S=0 ist H=beliebig)

4. $H = H \cdot 60^\circ$
5. Falls $H < 0 \;\rightarrow H$ += 360

- HSV → RGB: ähnlich

Anwendungen

- Color Picker: heute Standard in jedem GUI zur Farbauswahl
- "Enhance colors" in Photo-Bearbeitungs-Software

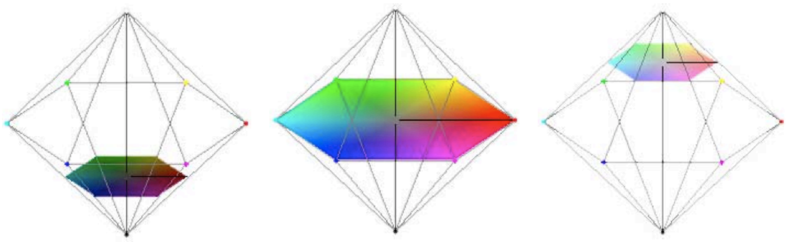


vorher

nachher

HLS

- HLS = *Hue, Lightness, Saturation*
- Manchmal auch HSL oder HIS
- Etwas "symmetrischer" aufgebaut:
  - Weiß als auch Schwarz bilden eine Spitze
  - Größte "Tiefe" bei 50% Grau



L= 0.25 L= 0.5 L= 0.75

Interpolation von Farben

- Häufiges Problem:
  - Farben C_1 und C_2 gegeben
  - Gesucht: alle Farben "dazwischen"
- Lineare Interpolation

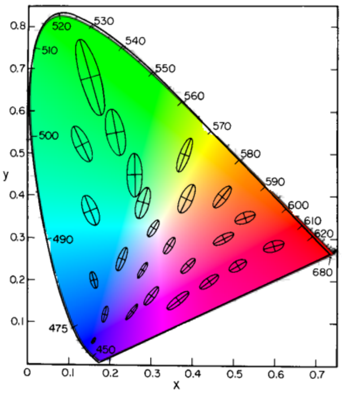
$$C(t) = t \cdot C_1 + (1-t) \cdot C_2$$

liefert "irgendwelche" Farben
(auf der Geraden zwischen C_1 und C_2)

- Je nach Anwendung:
  - Richtigen Farbraum wählen
  - Egal

Ähnlichkeit (Abstand) von Farben

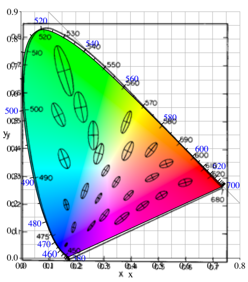
- Häufiges Problem:
  - Maß für den "Abstand" zwischen zwei Farben benötigt
  - Bereich des Farbraums mit "äquidistanten" Farben samplen
- Was ist der "Abstand"?
- MacAdams-Ellipsen:
  - zeigen die "just noticeable difference" im CIE xy-Diagramm
  - alle Farben auf dem Rand einer Ellipse haben den gleichen, gerade noch wahrnehmbaren Abstand vom Zentrum

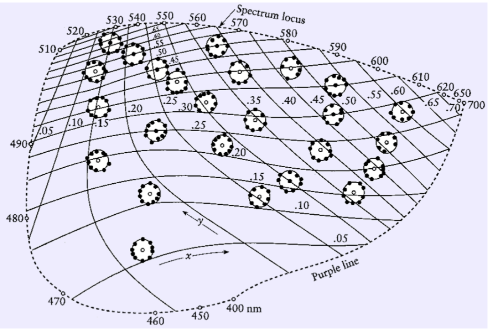


- Hat man so ähnlich in jedem "linearen" Farbraum

Uniforme Farbräume

- Uniformer Farbraum = Farbraum, in dem der Ort aller Farben mit gleicher wahrgenommener Distanz zu einer beliebigen gegebenen Farbe einen Kreis ergibt (d.h., die MacAdams-Ellipsen werden zu Kreisen)
- Läßt sich nur durch nicht-lineare Transformation erreichen





Beispiel: der CIE Lab (aka L*a*b*)

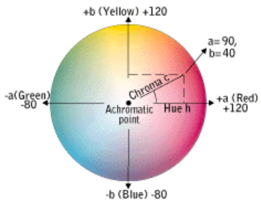
- Verwendete Achsen:
  - L = Luminanz
  - a,b = Gegenfarbenachsen
- Transformation:

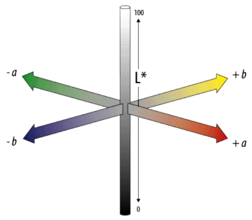
$$L = 116\left(\frac{Y}{Y_w}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$a = 500\left[\left(\frac{X}{X_w}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_w}\right)^{\frac{1}{3}}\right]$$

$$b = 200\left[\left(\frac{Y}{Y_w}\right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_w}\right)^{\frac{1}{3}}\right]$$

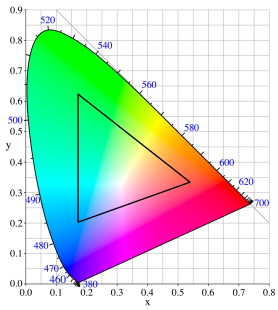
  wobei (X_w, Y_w, Z_w) der Weißpunkt ist
- Achtung: a,b können negativ werden

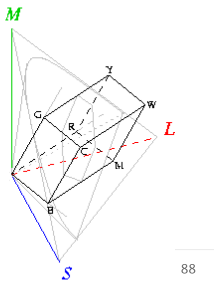




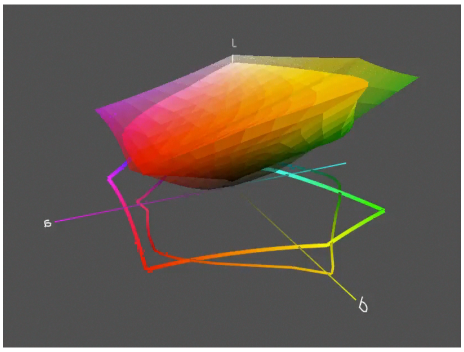
Der Gamut

- Gamut = Bereich all derjenigen Farben, der von einem Gerät (Monitor, Drucker, ...) dargestellt werden kann
- Lemma:
  Jedes Gerät mit 3 Primärfarben kann nur Farben innerhalb des durch diese 3 Farben definierten Dreiecks produzieren!
- Corollar:
  Kein Gerät mit 3 Primärfarben kann alle Farben produzieren!
- Achtung: eigtl muß der Gamut 3-dimensional dargestellt werden!

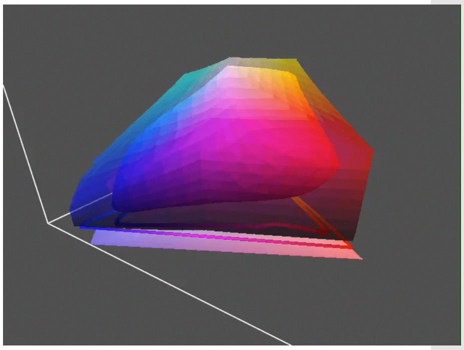




Beispiele



Monitor- vs. Drucker-Gamuts im Lab-Raum



Monitor- vs. Drucker-Gamuts im Yxy-Raum