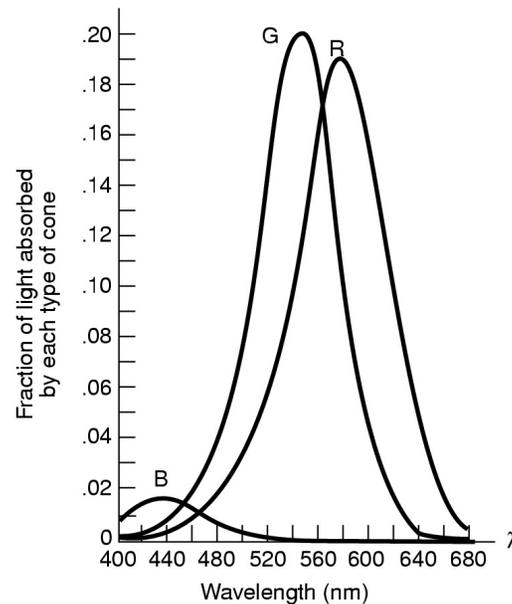


Farbmodelle

→ Erinnerung an Einführung:
Farbsehen durch drei Arten von Zäpfchen

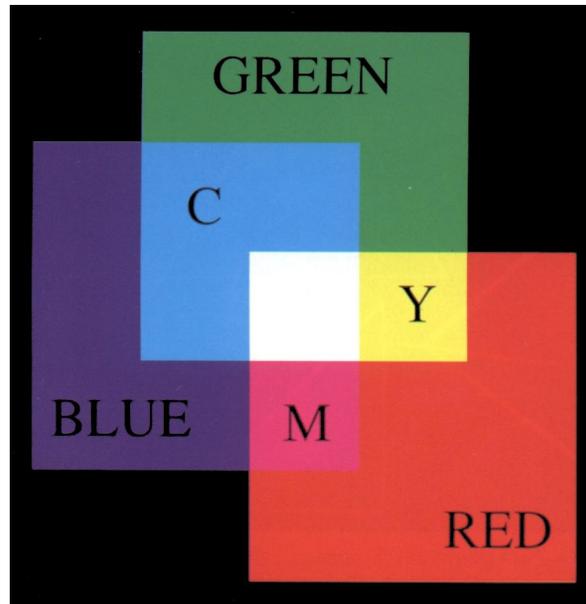


aus: Foley et al.: Computer Graphics

⇒ Alle Farbeindrücke simulierbar durch drei Farben

RGB-Farbmodell

→ für additive Farbmischung (Bildschirm)

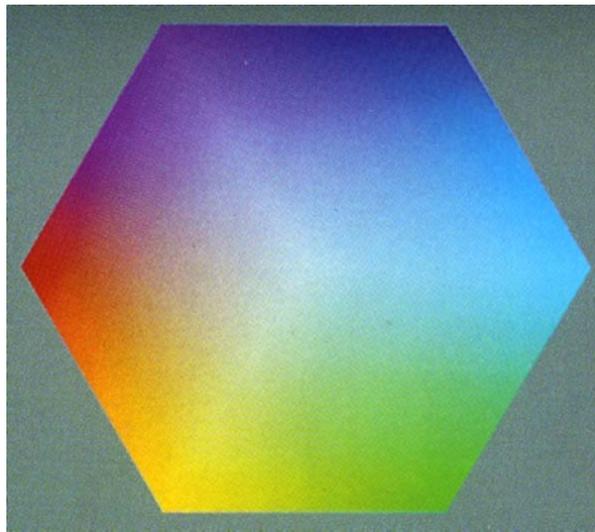
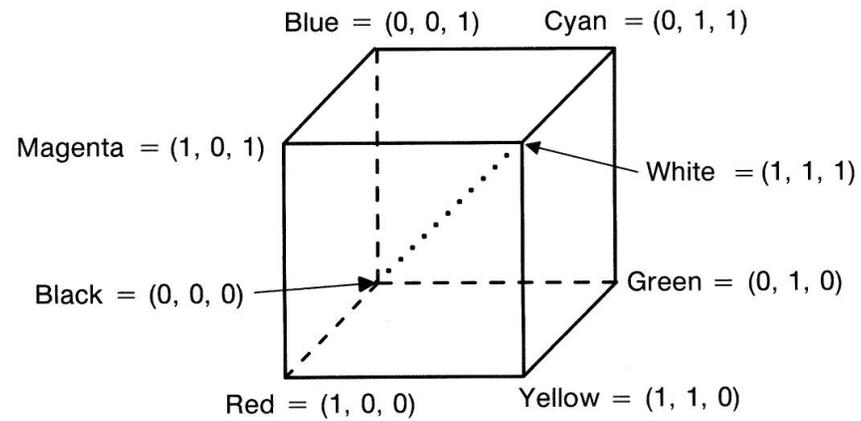


aus: Foley et al.: Computer Graphics

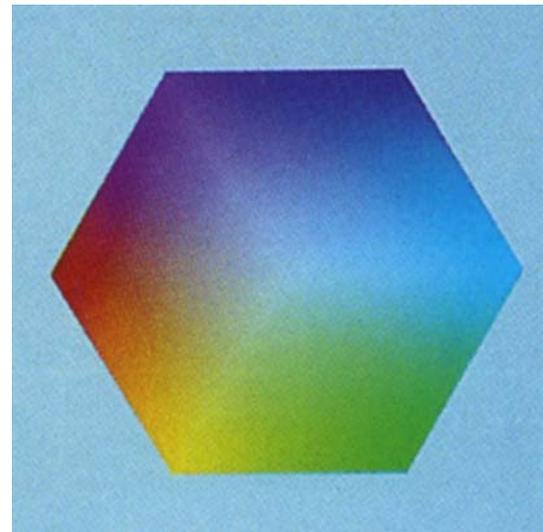
→ Grundfarben: Rot, Grün, Blau

→ werden in Anteilen $[0..1]$ bzw. $[0..254]$ gemischt

⇒ darstellbar als Farbwürfel



Draufsicht



Schnitt

aus: Foley et al.: Computer Graphics

CMY-Farbmodell

→ für subtraktive Farbmischung (Drucker)

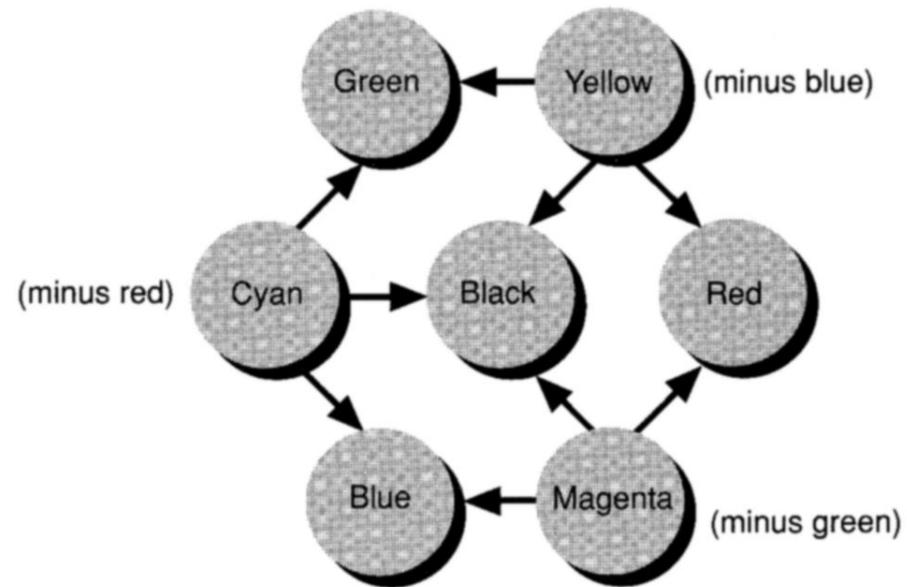


aus: Foley et al.: Computer Graphics

→ Grundfarben: Cyan, Magenta, Gelb
(Komplement zu Rot, Grün, Blau)

es gilt:

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$



aus: Foley et al.: Computer Graphics

CMYK-Farbmodell

→ reale Druckerfarben ergeben bei Subtraktion
kein Schwarz

→ für Drucker schwarz als eigene Farbe definieren

$$K = \min(C, M, Y)$$

$$C = C - K$$

$$M = M - K$$

$$Y = Y - K$$

(1)

YIQ-Farbmodell

→ Modell für Farbfernseher

→ Problem: Kompatibilität zu bestehenden SW-Fernsehern■

⇒ schwarz subtrahieren (ähnlich wie bei Drucker)

⇒ Farbinformation durch zwei Kanäle darstellbar■

(insgesamt wieder drei Kanäle, lineare Transformation also äquivalent)

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.3111 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

HSV-Farbmodell

→ bisher: hardwareorientierte Modelle

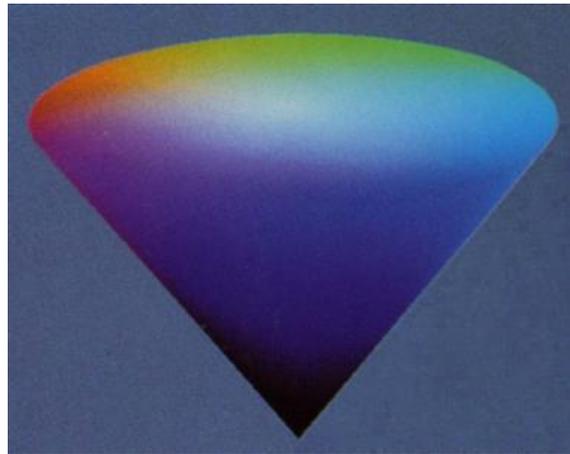
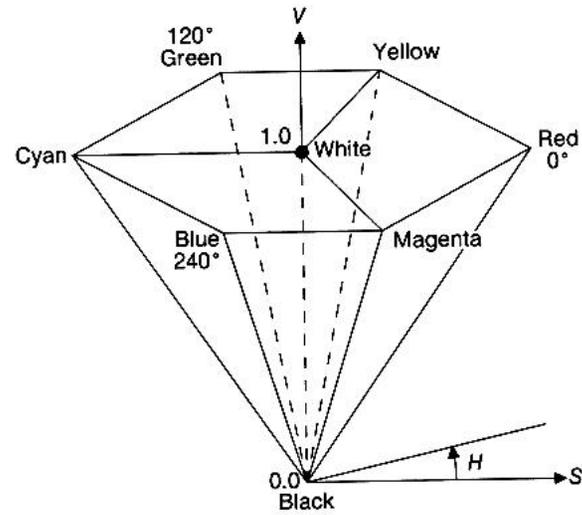
→ Problem: wie Farben einstellen (am Rechner)■

⇒ Smith 1978: Orientierung an physiologischen Parametern:

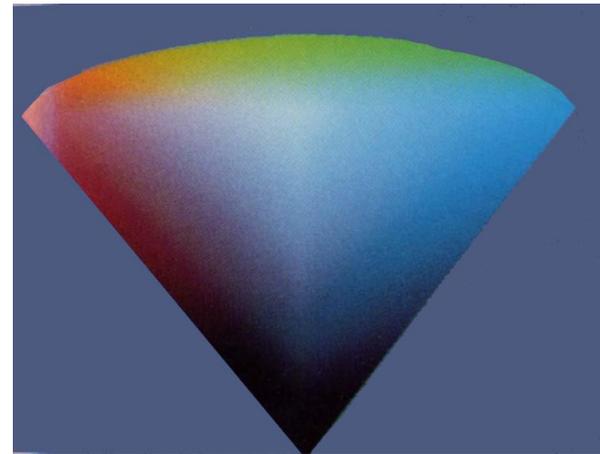
- Farbwert (**H**ue)
- Sättigung (**S**aturation)
- Intensität (**V**alue)

→ wieder Mapping in den 3D-Raum:

(diesmal nichtlinear, Hue: Winkel)



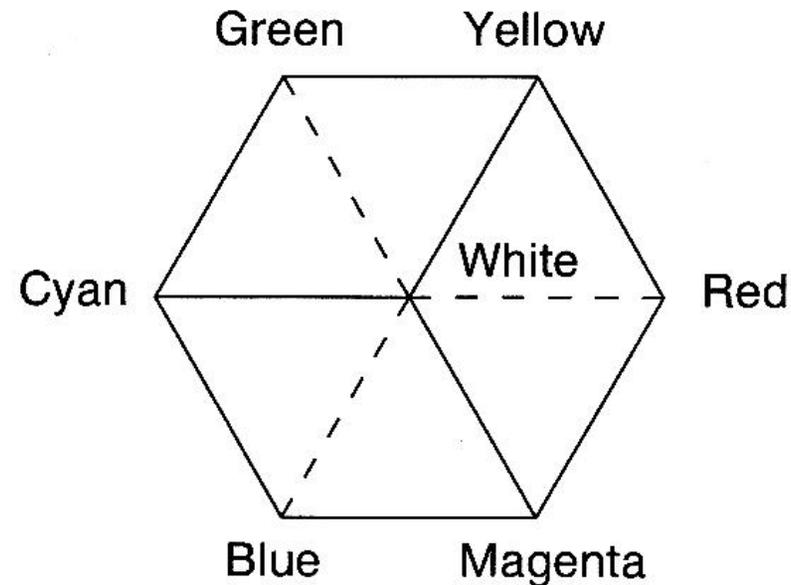
Draufsicht



Schnitt

aus: Foley et al.: Computer Graphics

→ Blick von Diagonale auf HSV-Modell entspricht RGB-Würfel



aus: Foley et al.: Computer Graphics

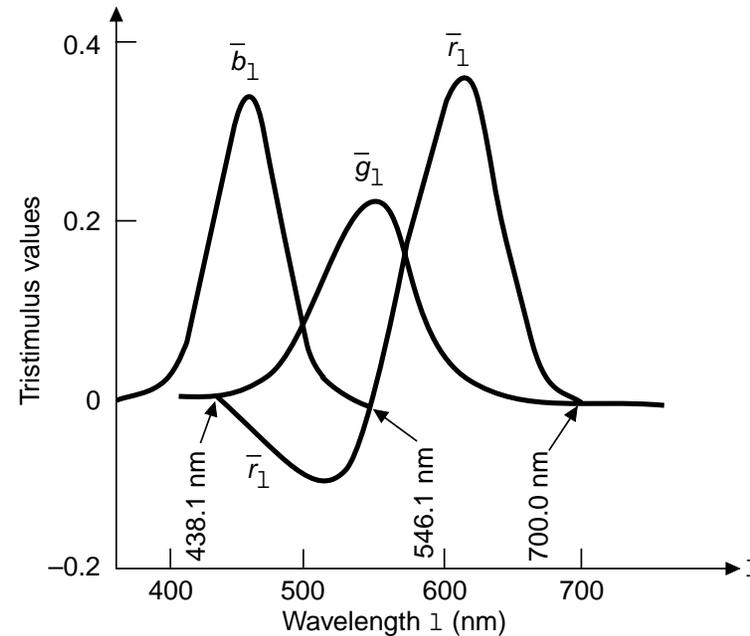
→ aber: Umrechnung erfordert Prozedur (nichtlinear)

→ ähnlich: HLS-Modell

CIE-Farbmodell

- weitergehendes Farbmodell
- vermeidet Schwächen von RGB- und CMY-Modell
- Vorgehen: Definition bestimmter Grundfarben (**X,Y,Z**)
- warum ?

→ Mischungsfunktion für feste Farbwerte **R,G,B** zur Darstellung einer Spektralfarbe:



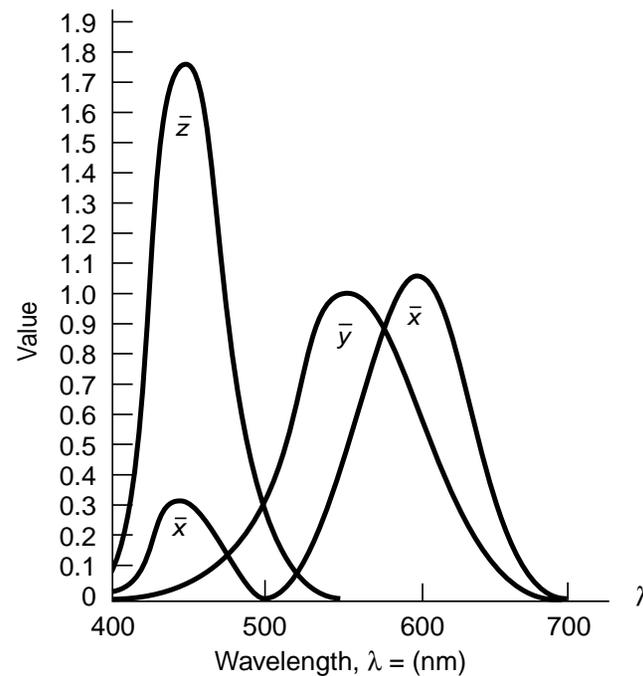
aus: Foley et al.: Computer Graphics

⇒ Anteile von Rot (580 nm) $\approx \bar{r}_\lambda$, Grün (545 nm) $\approx \bar{g}_\lambda$
und Blau (440) $\approx \bar{b}_\lambda$, um Spektralfarbe zu erhalten

→ Problem: negativer Anteil von \bar{r}_λ

⇒ man kann nicht alle Farben durch additive Mischung der drei Grundfarben **R,G,B** erhalten

⇒ Standardprimitive (\approx Farbwerten) **X, Y, Z**



aus: Foley et al.: Computer Graphics

⇒ mit Farbanteilsfunktionen \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} können **X**, **Y**, **Z** zu allen Farben über Addition kombiniert werden■

⇒ \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} sind Linearkombinationen von \bar{r}_λ , \bar{g}_λ , \bar{b}_λ ■

⇒ RGB kann linear in CIE umgeformt werden (bei Rücktransformation evtl. negative Werte für Rot)

Abbildung einer Spektralverteilung $P(\lambda)$ in CIE (k : Konstante)

$$X = k \int P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda,$$

$$Y = k \int P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda,$$

$$Z = k \int P(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

Farbdefinition: $\mathbf{C} = X\mathbf{X} + Y\mathbf{Y} + Z\mathbf{Z}$

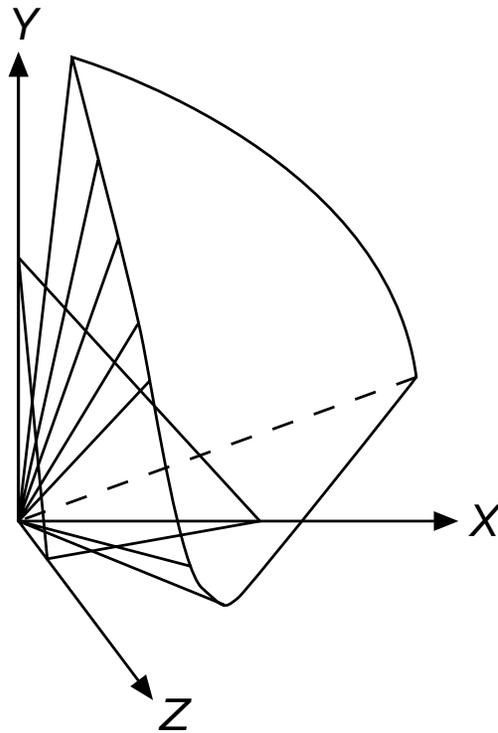
letzter Schritt: Definiere Chromatizitätswerte x, y, z

→ x, y, z hängen nicht von Energie ab

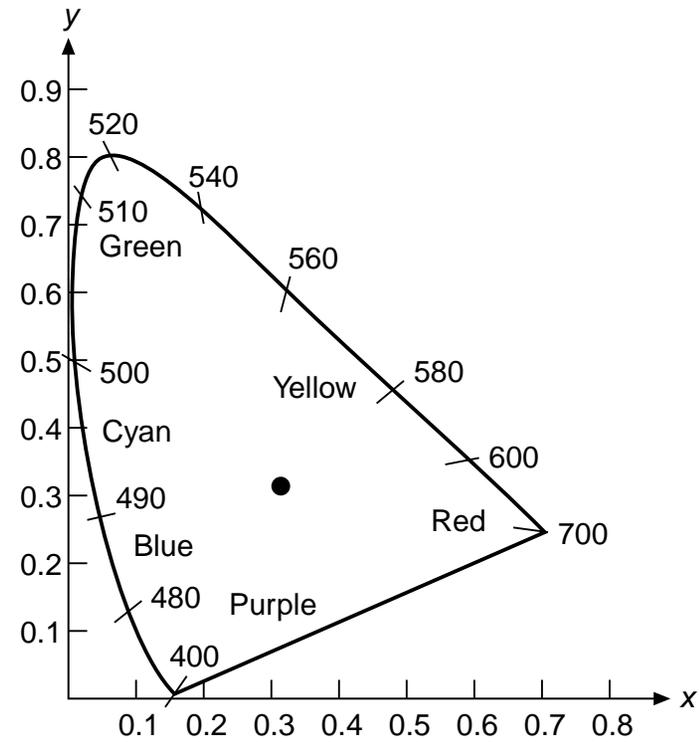
$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

$$\Rightarrow x + y + z = 1 \blacksquare$$

⇒ Werte x, y, z liegen auf der Ebene $X + Y + Z = 1$



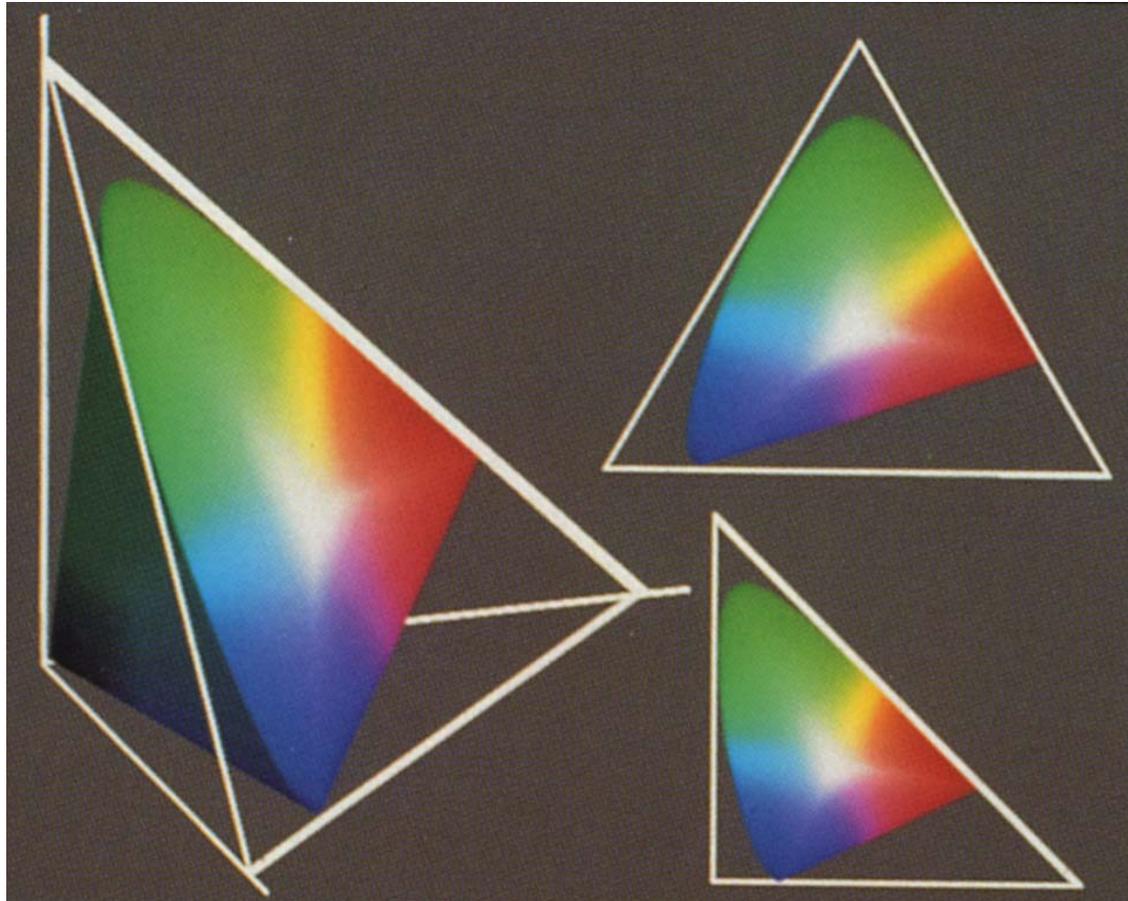
(sichtbare Farben)



CIE-Chromazitätsdiagramm

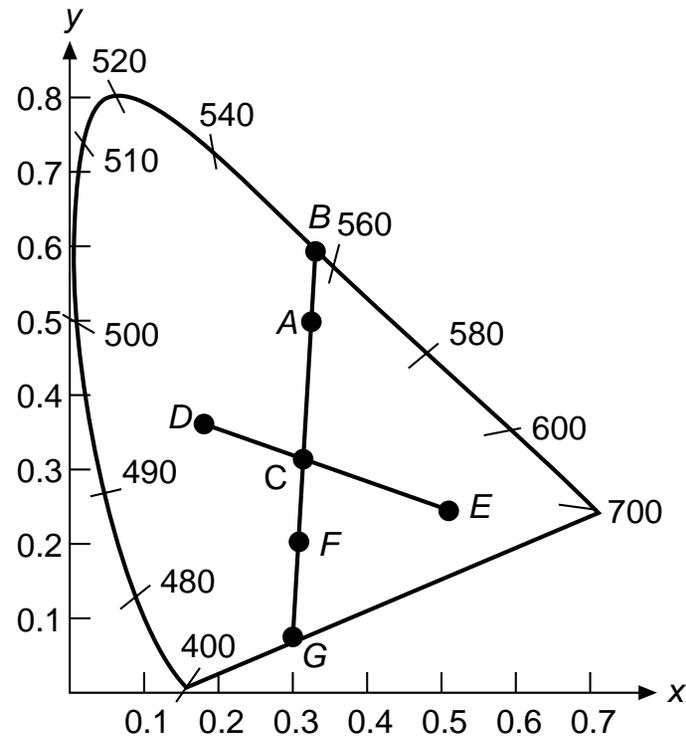
aus: Foley et al.: Computer Graphics

→ Farben des Chromazitätsdiagramms:



aus: Foley et al.: Computer Graphics

Anwendungen des CIE - Diagramms

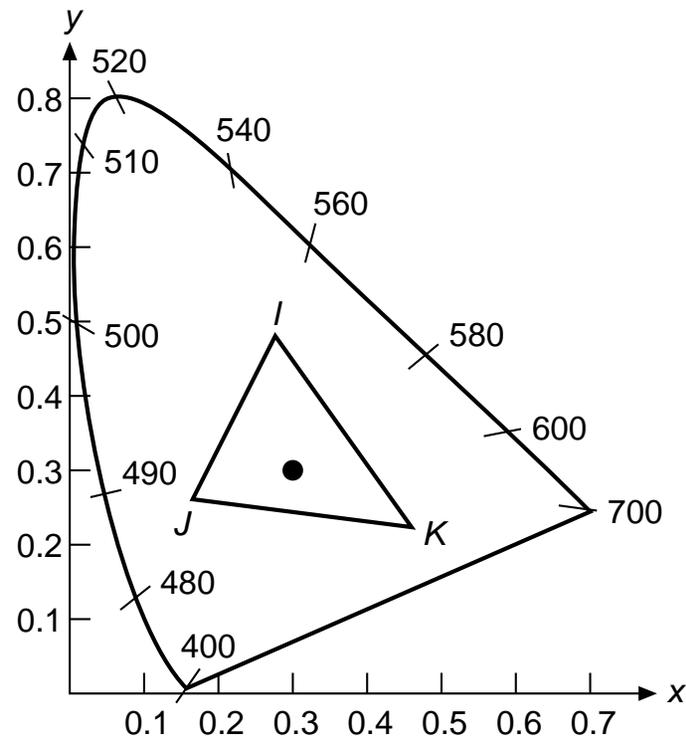


aus: Foley et al.: Computer Graphics

→ **A** und **B** haben dieselbe dominante Wellenlänge

→ **D** und **E** sind komplementär

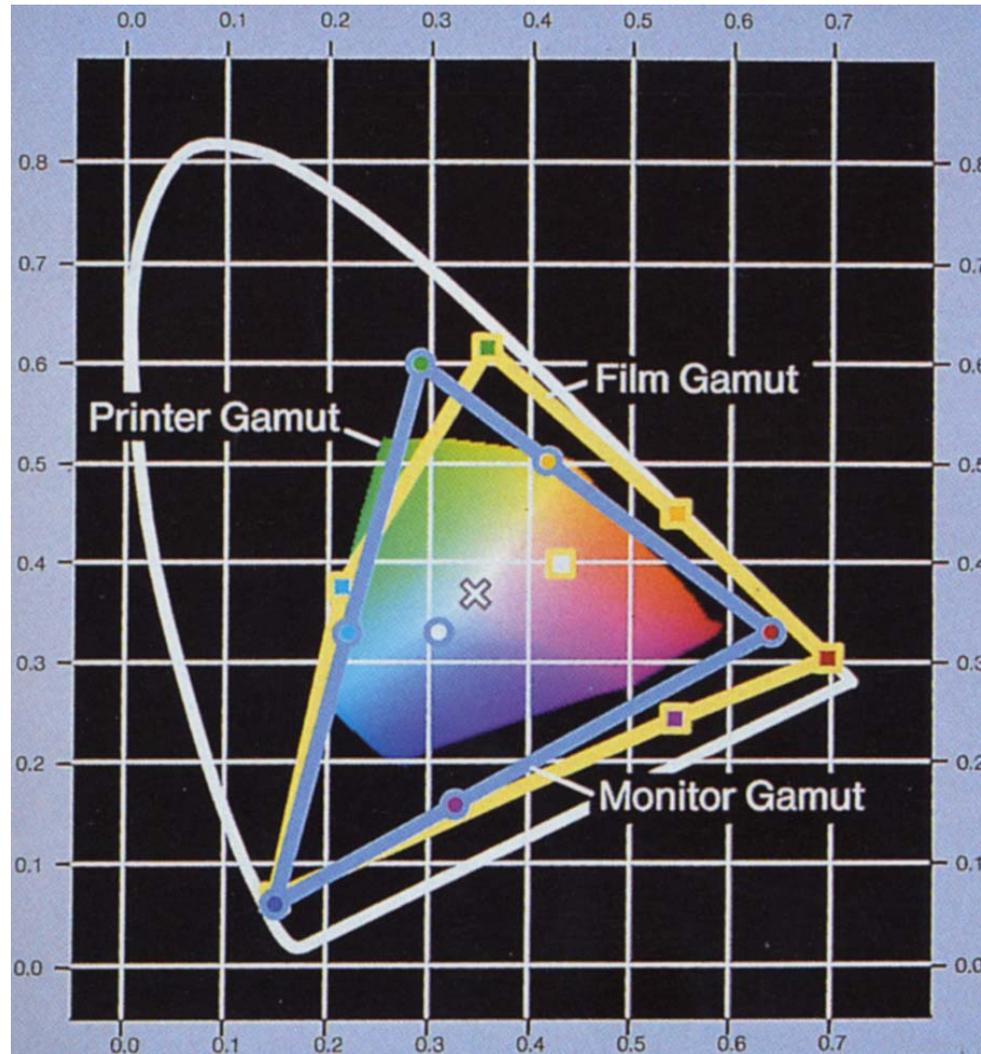
Farbmischung:



aus: Foley et al.: Computer Graphics

→ alle Farben auf der Strecke I J kann man durch Mischen der Farben I und J erhalten

Mit RGB darstellbare Farben:



aus: Foley et al.: Computer Graphics

- ⇒ auf Monitor/Drucker darstellbare Farbbereich ist kleiner als der im CIE-Farbraum bzw. sichtbare Bereich
- ⇒ Drucktechnik: Vier-/Fünffarbendruck

Zusammenfassung

- RGB, CMY, CMYK, YIQ: Hardwarenahe Farbmodelle
- HSV, HLS: zum Spezifizieren von Farben gedacht
- CIE: erweitertes Farbmodell, mit eigenen Grundfarben

Aber Farbsehen ist mehr...

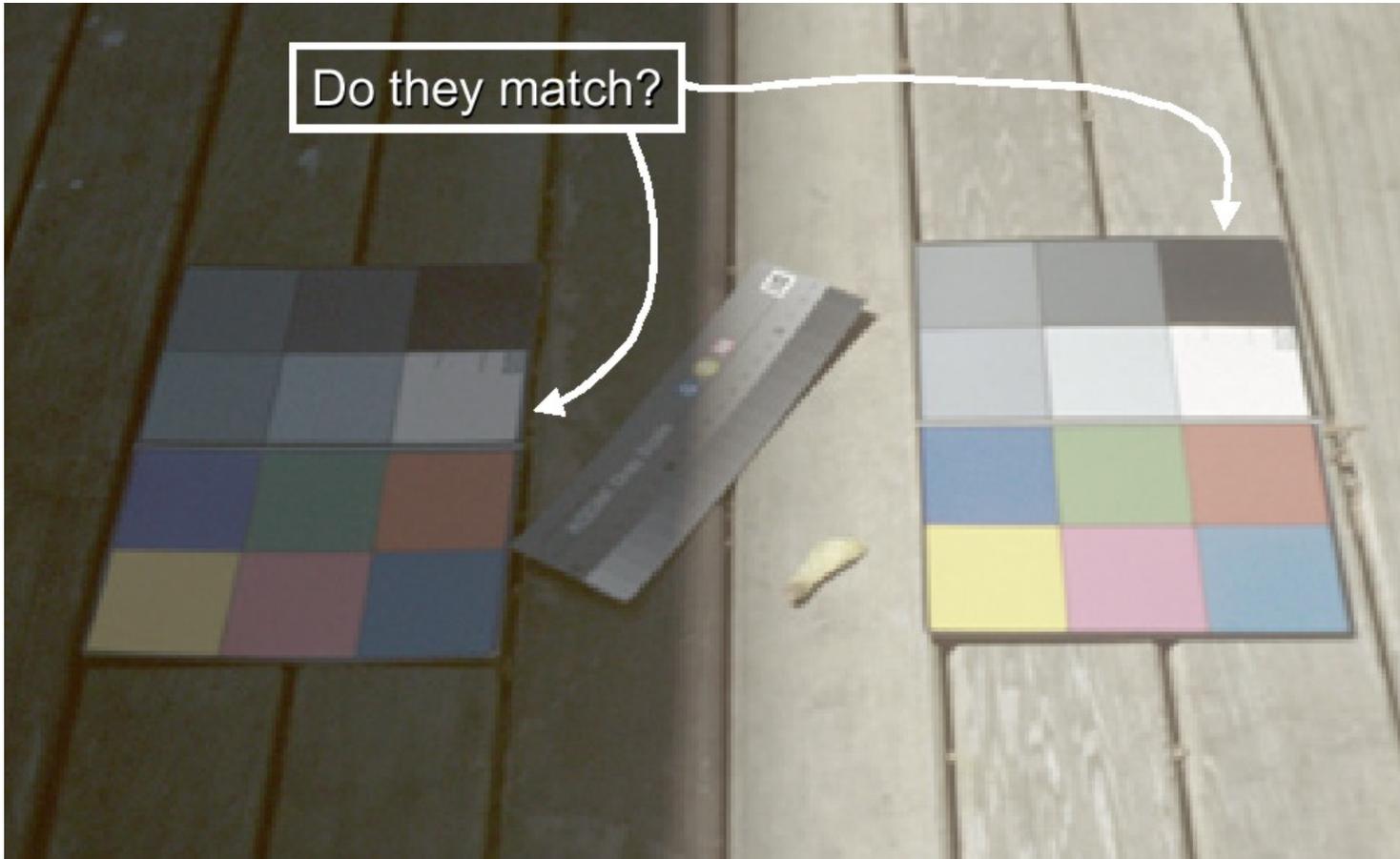


Bild: John M. Cann

wir sehen auch relativ bzgl. Farbe:

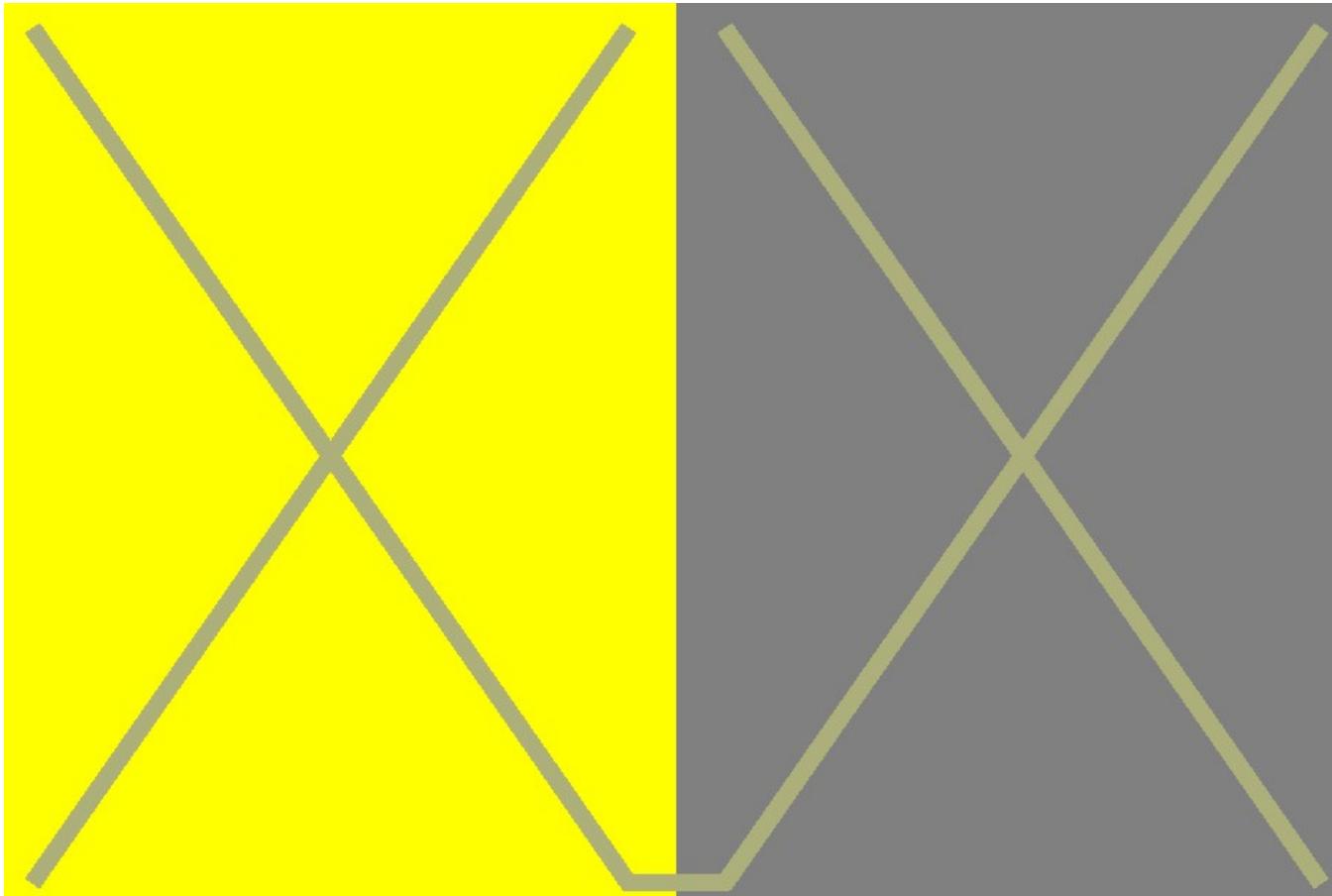


Bild: Joseph Albers

Farbkontrast durch Hintergrund:

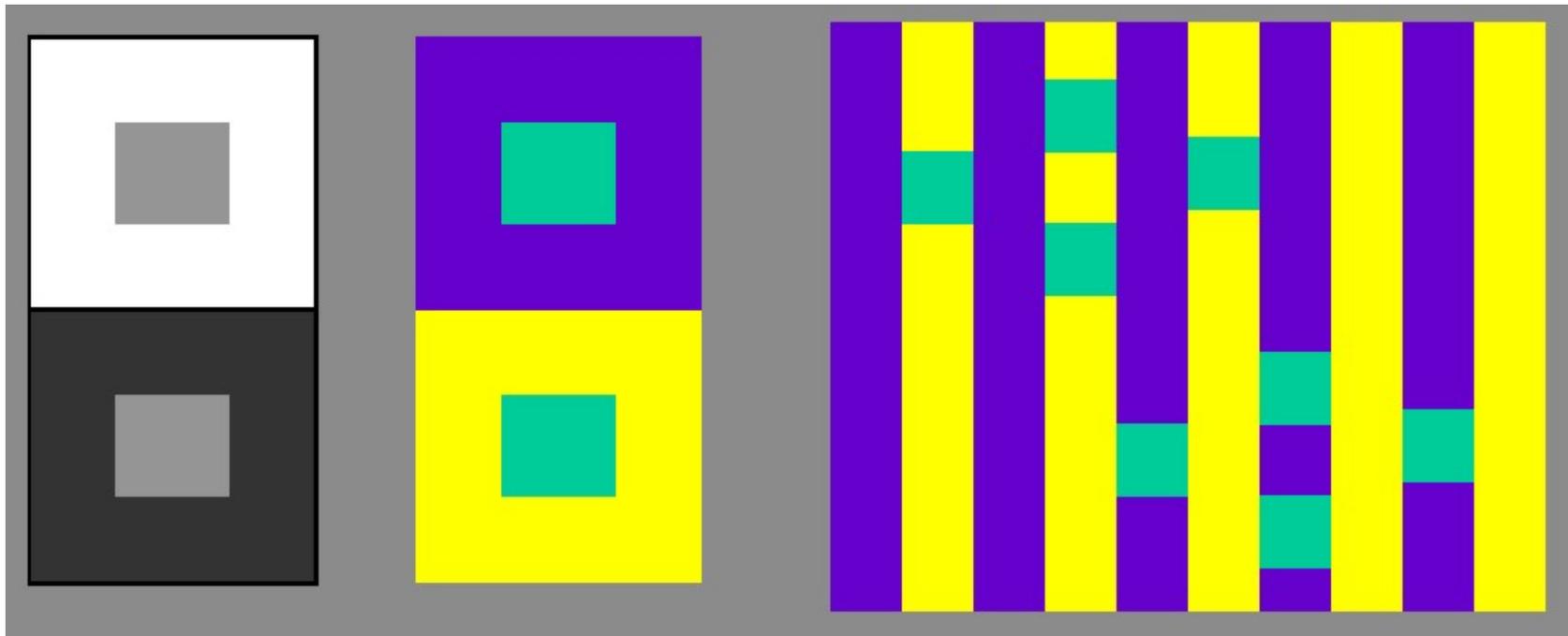
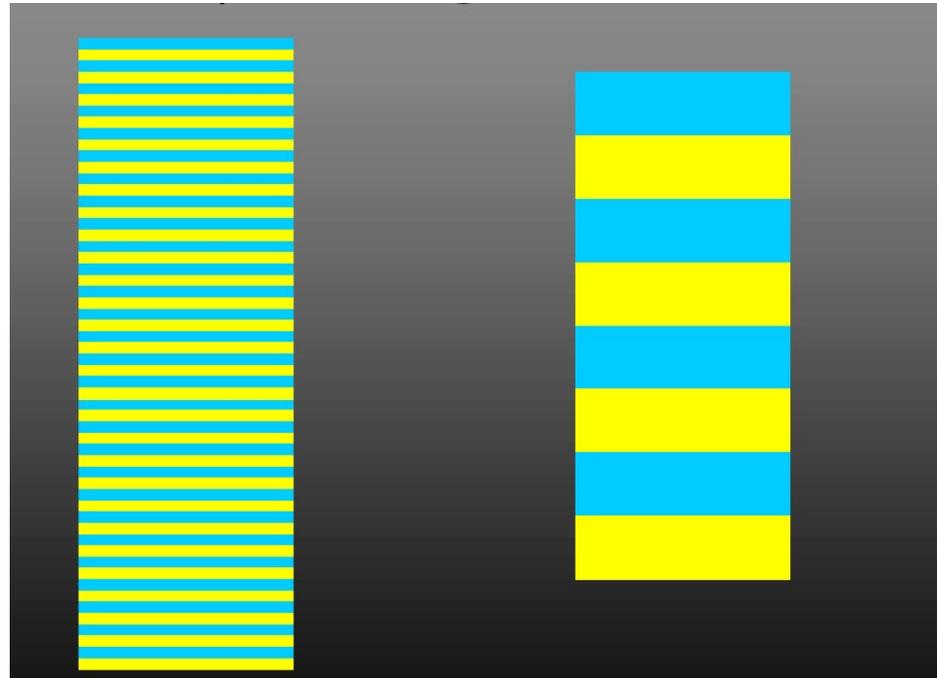


Bild: Maureen Stone

Farbkontrast durch räumliche Abfolge:



aus: Foundations of vision