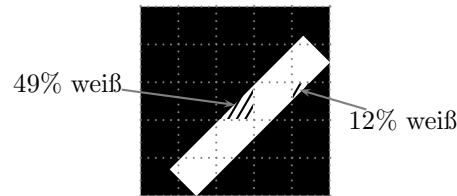


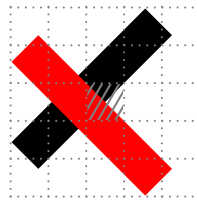
0.1 Antialiasing

verschiedene Ansätze:

1. Betrachte den Bildpunkt als quadratische Fläche und nicht als Punkt, betrachte eine Kurve (1-dimensional) als Fläche (2-dimensional). z. B. Strecke als Rechtecke

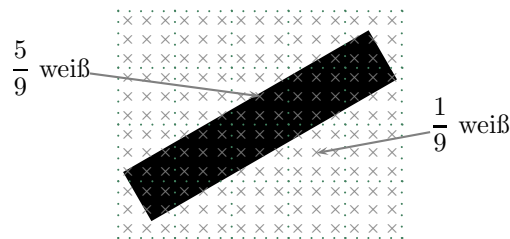


Pixel wird entsprechend hell- oder dunkelgrau gefärbt. (im Allgemeinen als proportionale Mischung aller Farben, die im Pixelquadrat vorkommen).



Aufwendig zu rechnen.

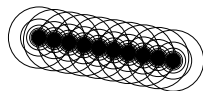
2. Supersampling: Man rechnet mit einer höheren Pixeldichte als tatsächlich vorhanden.



die verfeinerten Pixel werden „binär“ zugeordnet (in Fläche und außerhalb) und entsprechend gesetzt. Die Werte der tatsächlichen Pixel ergeben sich als Mittelwert der in ihnen enthaltenen verfeinerten Pixel.

3. Glättung:

Idee



Helligkeitswerte „strahlen“ auf die Nachbarn ab.

- a) berechne die Pixelweite zunächst ohne Antialiasing.
- b) Verteile die Helligkeit von jedem Pixel auf seinen Nachbarn nach einem festen Schema.

z. B.

$\frac{1}{36}$	$\frac{4}{36}$	$\frac{1}{36}$
$\frac{4}{36}$	$\frac{16}{36}$	$\frac{4}{36}$
$\frac{1}{36}$	$\frac{4}{36}$	$\frac{1}{36}$

3. lässt sich auch mit 2. kombinieren

1 Helligkeit und Farbe in der Computergrafik

1.1 Helligkeit

Definition Helligkeit in der schwarz/weiß-Grafik bezeichnet einen Grauwert auf der Skala zwischen schwarz und weiß

$$\text{schwarz} = 0, \quad \text{weiß} = 1 \quad (1.1)$$

$$\text{oder schwarz} = 0, \quad \text{weiß} = 255 \quad (8\text{-Bit-Integer}) \quad (1.2)$$

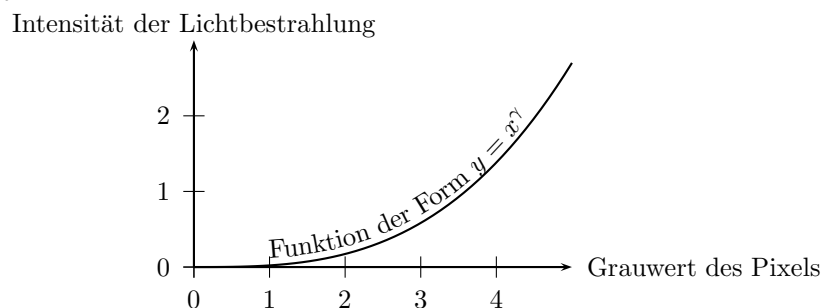
Problem tatsächliche Mischung 50% weiß und 50% schwarz \rightarrow sehr hellesgrau

Weber-Fechner'sches Gesetz beschreibt die Nichtlinearität der Sinneswahrnehmungen (für Optik und Akustik gleichermaßen). Vergrößerung der Energie um einen *konstanten Faktor* wird als Vergrößerung des Reizes in *konstanten Schritten* wahrgenommen.

Beispiel Eine Vergrößerung von 10 auf 12 Energieeinheiten wird genauso groß wahrgenommen wie eine Vergrößerung von 5000 auf 6000.

Beispiel Lautstärke wird in deziBel (dB) gemessen: Logarithmus aus der Schallenergie (oder Druck?). (Logarithmus aus konstanten Faktoren konstante Differenzen).

Beispiel Eine Oktave in der Musik (z. B. Abstand zwischen tiefen C und hohen C) entspricht einer Verdoppelung der Schallfrequenz.



„ γ -Korrektur“, wird vom Bildschirm bzw. von der Grafikkarte automatisch durchgeführt.

1.2 Additive Farbsysteme

1.2.1 Das RGB-Farbsystem

In der Computergrafik geht man von einem 3-Komponenten-Modell aus: Farbe ist aus 3 Grundfarben zusammengemischt

rot (R), grün (G), blau (B)

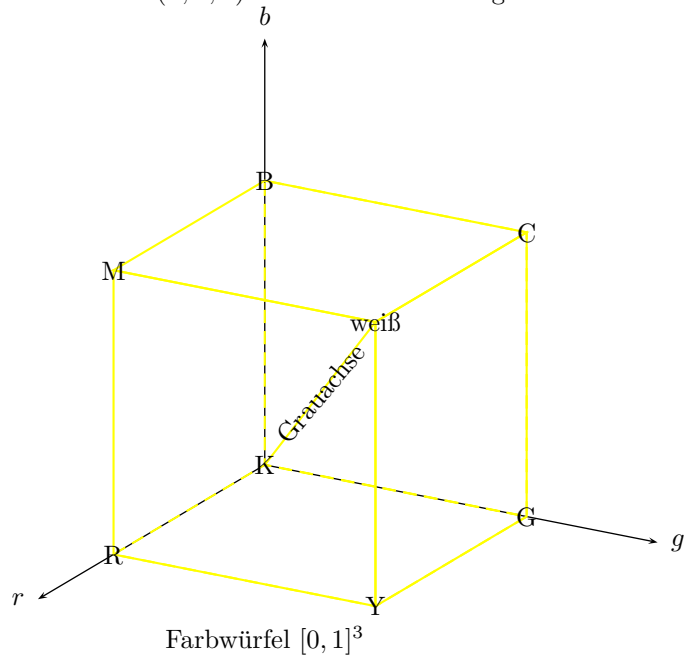
(In Wirklichkeit: unendlich viele Grundfarben, für jede sichtbare Wellenlänge eine)



Auf einem Bildschirm sind Lichtpunkte (Phosphore) in drei Farben R, G, B nahe aneinander gitterförmig angeordnet. Die Bildpunkte werden unabhängig von einander angesteuert.

Eine Farbe in der Computergrafik ist durch 3 RGB-Werte zwischen 0 und 1 (0,1, ..., 255) charakterisiert. 24 bit pro Pixel, $2^{24} \approx 16$ Millionen Farben

Farbe	(r, g, b)
rot	$(1, 0, 0)$
grün	$(0, 1, 0)$
blau	$(0, 0, 1)$
gelb (Y)	$(1, 1, 0)$
magenta (M)	$(1, 0, 1)$
cyan (C)	$(0, 1, 1)$
schwarz (K)	$(0, 0, 0)$
weiß	$(1, 1, 1)$
Grauwerte	(x, x, x) alle drei Werte sind gleich

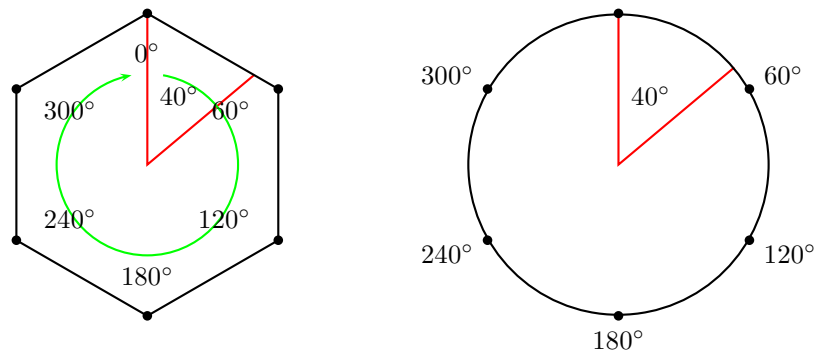


- Das RGB-System ist für die intuitive Behandlung von Farben nicht geeignet
- die Grauwerte bilden die Grauachse K -Weiß im Farbwürfel.
- die übrigen Ecken bilden das Farbsechseck RYGCMB. Auf diesem Sechseck liegen die „reinsten“/„stärksten“ Farben, alle anderen Farben kann man durch beimischen von Grau konstruieren.



Diese „stärksten Farben“ sind die Farben die mindestens eine Komponente 0 und mindestens eine Komponente 1 haben (Farben ohne Grau/Weiß/Schwarz-Anteil).

1.2.2 Farbsechseck bzw. Farbkreis



- Die Punkte auf diesem Sechseck werden häufig durch einen Winkel ($0^\circ - 360^\circ$) parametrisiert.
- Startpunkt willkürlich ($R = 0^\circ$, $Y = 60^\circ$, ...)
- Dieser Parameter heißt „Farbton“, „Unbuntart“ (engl. *hue* (H)).

$$\begin{aligned}
 40^\circ \text{ entspricht dann } & \frac{1}{3} \cdot R + \frac{2}{3} \cdot Y \left(\frac{1}{3} \cdot 0^\circ + \frac{2}{3} \cdot 60^\circ \right) \\
 & = \frac{1}{3} \cdot (1, 0, 0) + \frac{2}{3} \cdot (1, 1, 0) = \left(1, \frac{2}{3}, 0 \right)
 \end{aligned}$$

Wir erhalten ein neues Farbsystem HSV

1.2.3 Andere Farbsysteme

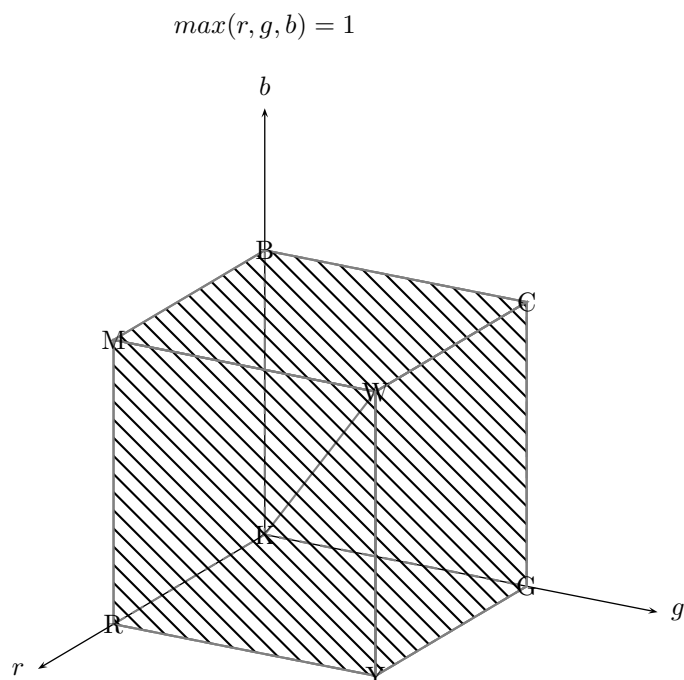
HSV-System

hue (Farbton) $0^\circ \leq H \leq 360^\circ$

saturation (Sättigung) $0 \leq S \leq 1$

value (\approx Helligkeit) $0 \leq V \leq 1$

$V = 1$ sind die Farben auf den drei Deckseiten des Würfels: mindestens einer der drei Werte ist 1



Umrechnung HSV \rightarrow RGB:

$$\begin{pmatrix} r'' \\ g'' \\ b'' \end{pmatrix} \text{ sei die reine Farbe, die } H \text{ entspricht.}$$

$$\begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} = S \begin{pmatrix} r'' \\ g'' \\ b'' \end{pmatrix} + (1 - S) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Ergebnis $\begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} = V \begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix}$

Umrechnung RGB \rightarrow HSV

$$V = \max(r, g, b)$$

$$\begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{V}$$

$$S = 1 - \min(r', g', b')$$

$$\begin{pmatrix} r'' \\ g'' \\ b'' \end{pmatrix} = \left[\begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} - (1 - S) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \right] \cdot \frac{1}{S}$$

reine Farbe \rightarrow Umwandlung in H

$\begin{pmatrix} r'' \\ g'' \\ b'' \end{pmatrix}$ ist tatsächlich eine reine Farben

1. Wir wissen $\max(r', g', b') = 1$ z. B. $r' = 1$

$$r'' = [1 - (1 - S)1] \cdot \frac{1}{S} = S \frac{1}{S} = 1$$

2. Nehmen wir nun an $(r', g', b') = g' = 1 - S$

$$g'' = [g' - (1 - S)1] \cdot \frac{1}{S} = [-1 + S + 1 - S] \frac{1}{S} = 0$$

Für $V = 0$ setze S, H beliebig.

Für $V \neq 0, S = 0$, setze H beliebig.

Nachteil:

$$R = (1, 0, 0)$$

$$Y = (1, 1, 0)$$

$$W = (1, 1, 1)$$

haben denselben V -Wert.

HSL-System

hue (Farbton) $0^\circ \leq H \leq 360^\circ$

saturation (Sättigung) $0 \leq S \leq 1$

lightness (oder „luminance“) $L = \frac{1}{2}$ enthält das reine Farbensechseck und den Graupunkt $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$

Umrechnung HSL \rightarrow RGB:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} r'' \\ g'' \\ b'' \end{pmatrix} &\text{ sei die reine Farbe, die } H \text{ entspricht.} \\ \begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} &= S \begin{pmatrix} r'' \\ g'' \\ b'' \end{pmatrix} + (1 - S) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \\ \text{Für } 0 \leq L \leq \frac{1}{2} : &\begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} \cdot 2L \\ \text{Für } \frac{1}{2} \leq L \leq 1 : &\begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r' \\ g' \\ b' \end{pmatrix} \cdot (2 - 2L) + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot (2L - 1) \end{aligned}$$

$S = 1$ Farben auf allen 6 Seitenflächen des Würfels

1.3 Subtraktive Farbmischung (z. B. beim Drucken)

3 Grundfarben

C = cyan, B, G wird durchgelassen, R wird absorbiert

M = magenta, B, R wird durchgelassen, G wird absorbiert

Y = gelb, R, G wird durchgelassen, B wird absorbiert

$C + M$ nur Blau bleibt übrig

$C + M + Y$ = schwarz

1.3.1 CMY-System

$$0 \leq C, M, Y \leq 1$$

$$C := 1 - r$$

$$M := 1 - g$$

$$Y := 1 - b$$

1.3.2 CMYK-System (Vierfarbdruck)

Zusätzlich K = schwarz. (Das Schwarz von K wird dunkler als von $C + M + Y$ oder um Druckfarbe zu sparen.)

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

$$C' := C - K'$$

$$M' := M - K'$$

$$Y' := Y - K'$$

(möglichst viel Farbe durch K ersetzen)

1.4 Gängige Farbdarstellung heutzutage

- 8 Bit pro Farbkanal (r, g, b) ... 24 Bit pro Bildpunkt
 $\Rightarrow 2^{24} = 16$ Mio. Farben (True Color)
- 4-Kanal-Darstellung (r, g, b, α) α ist für Transparenz:

- $\alpha = 0$... durchsichtig; Farbe wird vom Hintergrund genommen,
 - $\alpha = 1$... Farbe wird von (r, g, b) bestimmt
 - $0 < \alpha < 1$... teilweise transparent
- 32 bit pro Pixel