

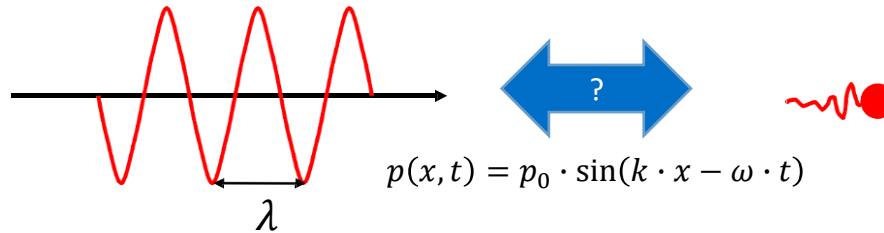
Druckvorstufe 2 — Farbe

Prof. Dr.-Ing. Tenshi Hara
Version 2026a

Licht und Farbmodelle

Licht – Beschaffenheit

- Licht ist eine in Photonen gequantelte transversale elektromagnetische Welle



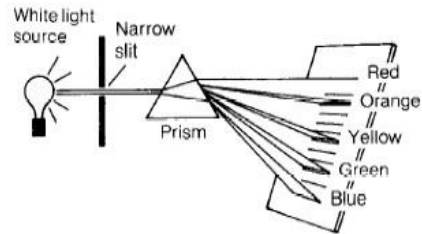
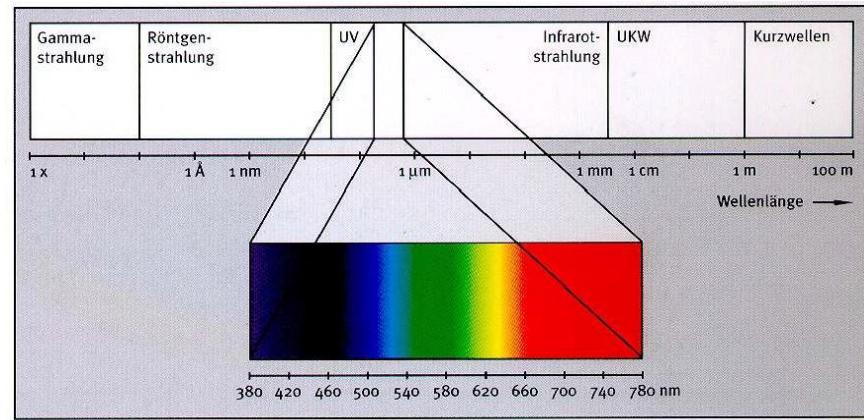
- Lichtgeschwindigkeit: $c = \lambda \cdot f$

- c nur vom Medium abhängig,

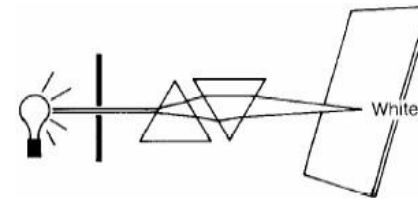
Frequenz ist Maß für Energie: $E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js}$ (Planck'sches Wirkungsquantum)

Licht – Beschaffenheit

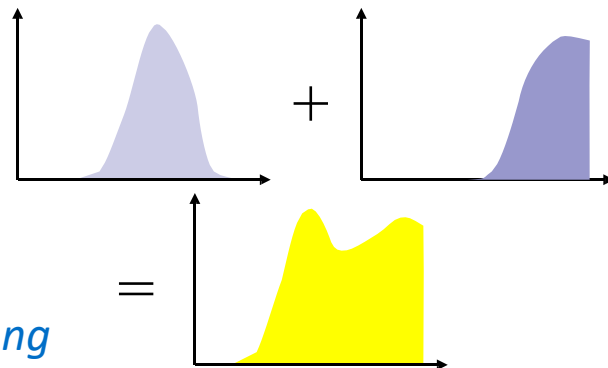


Newton Experiment:
Aufspaltung



Rekombination

Licht – Mischung



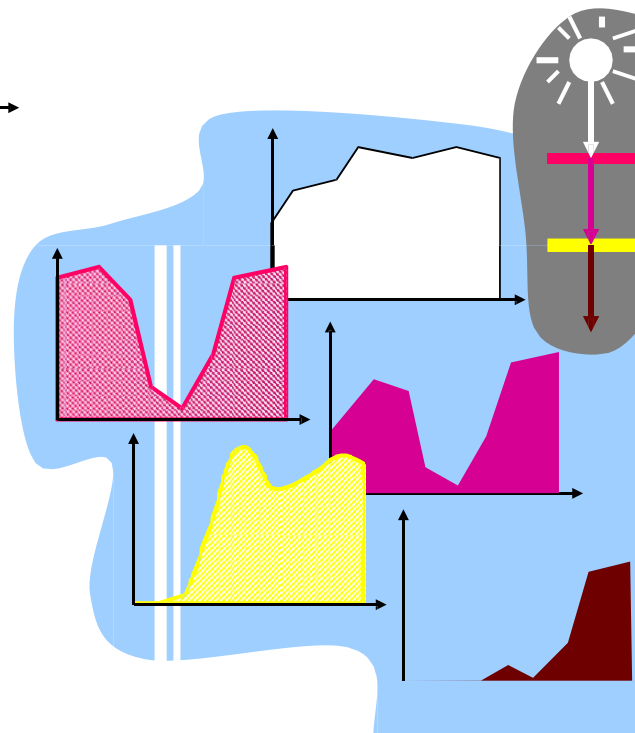
- *additive Farbmischung*

Überlagerung mehrerer Emissionsquellen:
Spektren addieren sich

- *subtraktive Farbmischung*

Licht fällt auf Absorptions-/Reflektions-Filter:
Spektren multiplizieren sich unter Filterreduktion

⇒ siehe auch: <https://www.farbe.com/additiv.htm>



Usability – Farben

- Einsatz von Farben in Text
 - Hervorhebung
 - Bewertung von Worten
- wichtige Grundregeln
 - pro Text soll jede Farbe mit genau einer festen Bedeutung verbunden sein
 - Alltagsbedeutungen von Farben sollten beachtet werden (Kulturkreis beachten, bspw. Europa: rot = Warnung)
 - Farben mit großer spektraler Distanz können nicht gleichzeitig fokussiert werden
 - Farbenblinde sollten inkludiert werden (Simulation möglich)
 - beste Effekte mit sparsam eingesetzten, leuchtenden Farben, die zwischen eher matteren Tönen eingesetzt werden



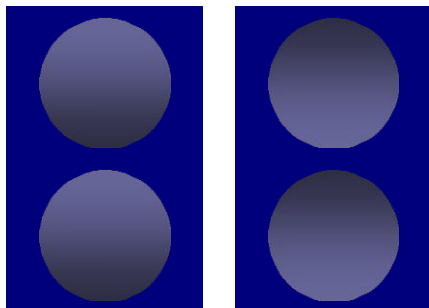
Perspektive (1/2)



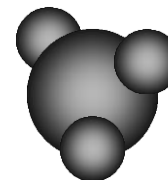
lineare Perspektive



atmosphärische Perspektive



Beleuchtung



Verdeckung

Perspektive (2/2)



Höhe im Gesichtsfeld



Textur



Beleuchtung



Verdeckung

Bildschirm-Farbräume

RGB — Additive Farbmischung

- Primärfarben

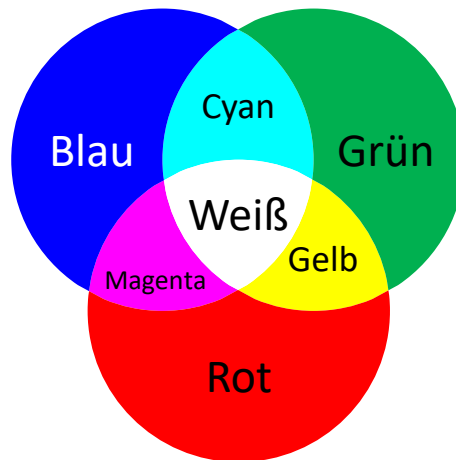
- Rot $R = (1,0,0)$

- Grün $G = (0,1,0)$

- Blau $B = (0,0,1)$

- Mischfarben

$$\forall 0 \leq x \leq 1, x \in \{a, b, c\}: F = aR + bG + cB$$



RGB-Beispiel



@ Karina und Tenshi Hara (23.08.2011)

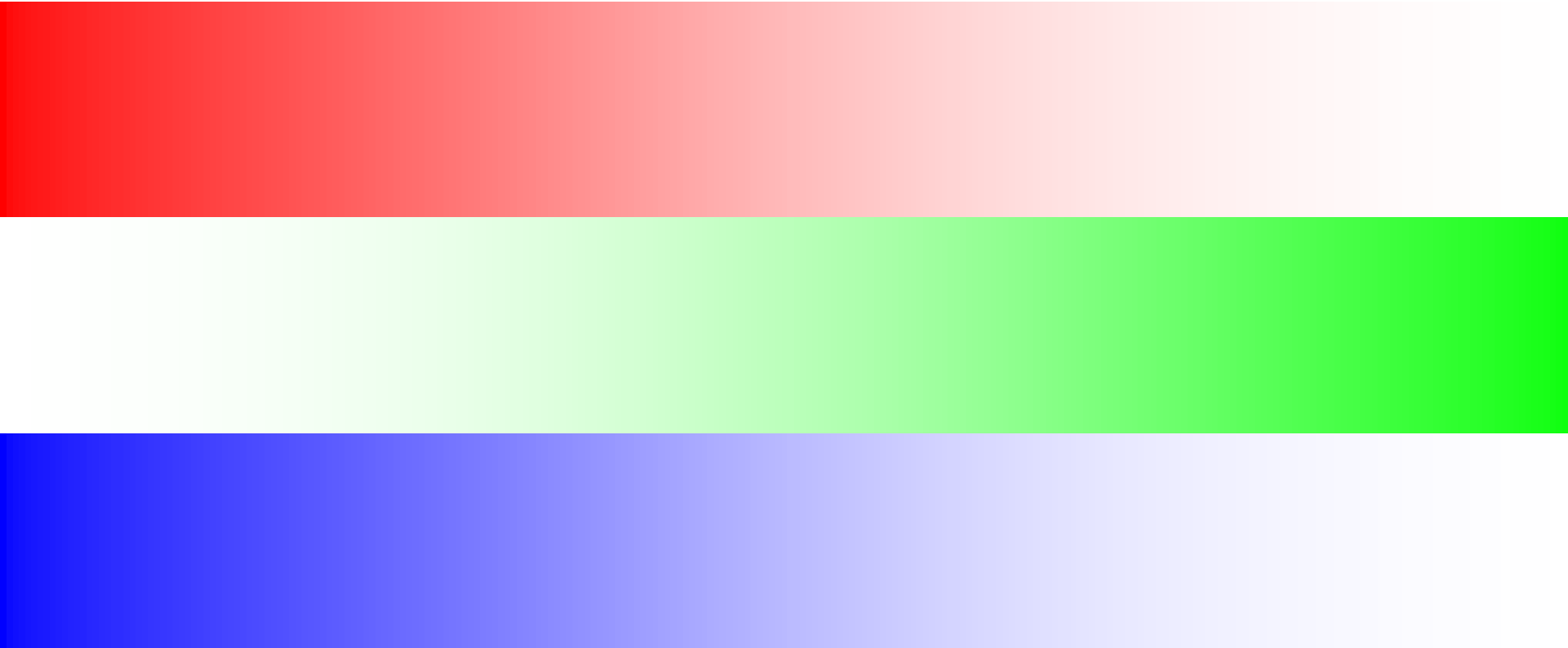
R

G

B

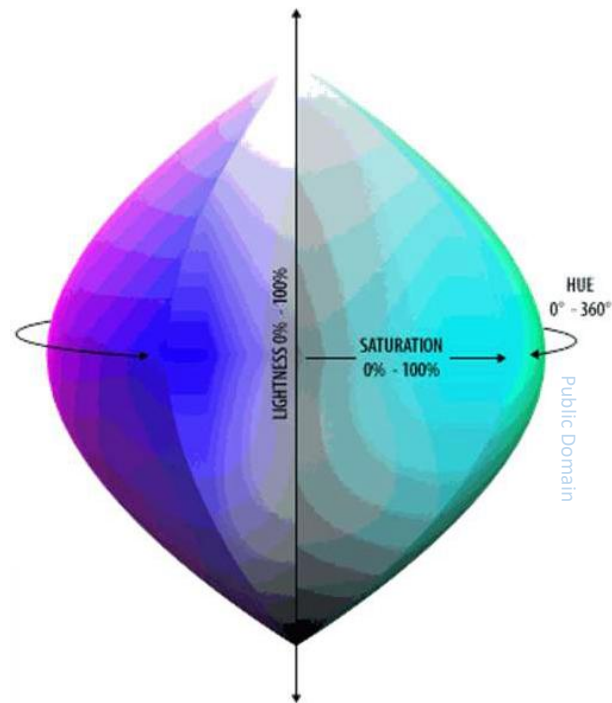
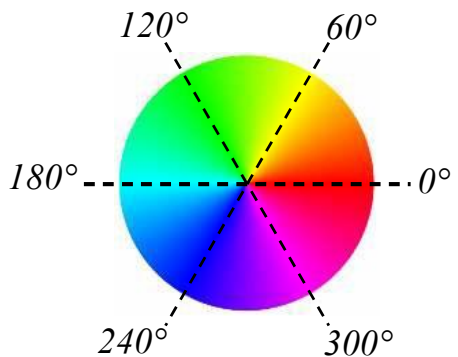


RGB — True Colour: 16,7 Mio Farben sind wenig!



HLS

- Hue, Luminance, Saturation
- $H \in [0,360]$ (0 = 360 = rot)
- $L \in [0,100]$ (dunkel...hell)
- $S \in [0,100]$ (matt...brillant)



Umrechnung RGB \leftrightarrow HLS

```

void hlsToRgb() {
    H /= 60; L /= 100; S /= 100;
    I = round(H);
    F = H-I;
    if (L <= 0.5) max = L*(1+S)
    else max = L*(1-S)+S;
    min = 2*L - max;
    DM = max - min;
    if (S == 0) [R,G,B] = [L,L,L];
    if (I==0) [R,G,B] = [max, min + F*DM, min]
    if (I==1) [R,G,B] = [min+(1-F)*DM,max,min]
    if (I==2) [R,G,B] = [min,max,min+F*DM]
    if (I==3) [R,G,B] = [min,min+(1-F)*DM,max]
    if (I==4) [R,G,B] = [min+F*DM,min,max]
    if (I==5) [R,G,B] = [max,min,min+(1-F)*DM]
}

```

```

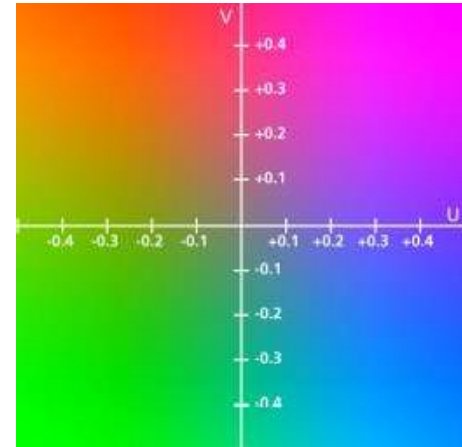
void rgbToHls() {
    max = getMax(R,G,B);
    min = getMin(R,G,B);
    L = (max+min)/2;
    if (min == max) [H,L,S] = [0,L,0];
    else {
        DM = max-min;
        SM = max+min;
        S = (L <= 0.5) ? DM/SM : DM/(2-SM);
        if (R == max) H = (G-B)/DM;
        else
            if (G == max) H = 2+(B-R)/DM;
            else H = 4+(R-G)/DM;
        if (H < 0) H += 6;
    }
    H *= 60;
    L *= 100;
    S *= 100;
}

```

weitere lineare Farbäume

- Lab: physiologisch korrekt und umfassend RGB, CMYK
- YUV:
 - Y ... Helligkeit (Schwarz-Weiß-Kanal)
 - U, V ... Farbbalance
- YC_bC_r (digitale Bildformate):

$$f_{YC_bC_r} = \begin{pmatrix} f_Y \\ f_{C_b} \\ f_{C_r} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,168736 & -0,331264 & 0,5 \\ 0,5 & -0,418688 & -0,081312 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_R \\ f_G \\ f_B \end{pmatrix}$$



Druck-Farbräume

Druckfarbräume

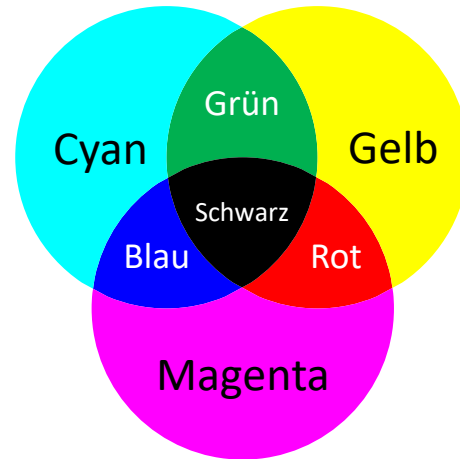
- Pantone (pantone.com)
 - Farbstandard für über 3000 Volltonfarben
 - Vielseitigkeit für Graphiker
 - schlechte Mischbarkeit (Farbseparation)
 - Definition über Farbmuster
- Truematch (truematch.com)
 - System zum Farbabgleich
 - CMYK-Farben aus >2000 Prozessfarben
- Focoltone (focoltone.com)
 - kalkulierbare Prozessfarben
 - 763 Farben aus CMYK



CMY — Subtraktive Farbmischung

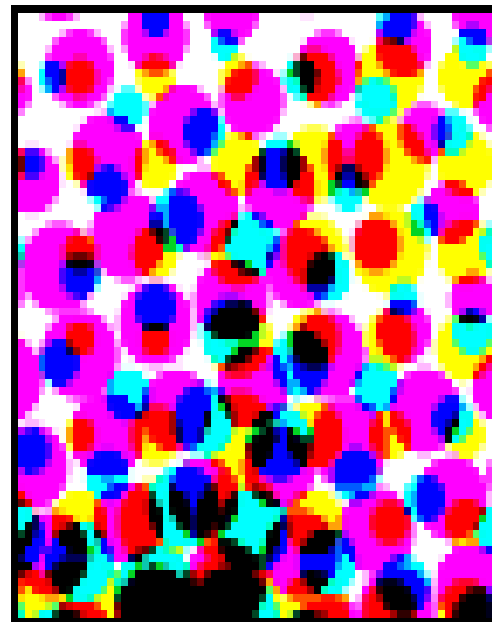
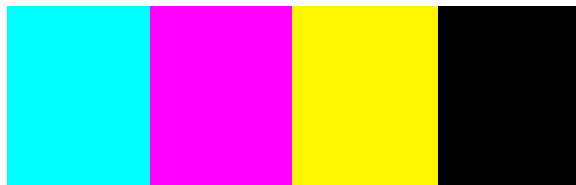
- CMY-Farbmodell eignet sich für die Körperfarbmischung (d.h. Lasur- und Partikelfarben)
- Umrechnung vom RGB-Modell ins CMY-Modell:
- $(r, g, b) = (1,1,1) - (c, m, y)$

Darstellung für Drucker macht nur bei gleichem Farbgamut Sinn!



CMYK — Prozess-Farben-Modell

- Key-Kanal für Schwarzanteile
- Schwarz braucht dann nicht mit Buntfarben gemischt werden
→ Ausnahme: **fettes Schwarz**



Public Domain

CMYK-Beispiel



© Karina und Tenshi Hara (23.08.2011)

C

M

Y

K



Farbreduktion für den Druck



24 Bit - True Colour

© Karina und Tenshi Hara (23.08.2011)



8 Bit – 256 Farben



4 Bit – 16 Farben



3 Bit – 8 Farben

Bildanpassung für den Druck

$$f'(x,y) = \frac{1}{9} \sum_{p=x-1}^{x+1} \sum_{q=y-1}^{y+1} f(p,q)$$

$$f'(x,y) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} f(x-1, y-1) & f(x, y-1) & f(x+1, y-1) \\ f(x-1, y) & f(x, y) & f(x+1, y) \\ f(x-1, y+1) & f(x, y+1) & f(x+1, y+1) \end{pmatrix}$$



Original



Weichzeichner-
Filter



Scharfzeichner-
Filter

Public Domain

geometrische Operationen

- geometrische Operationen wie Verkleinerung/Vergrößerung verändern die Auflösung und führen bei Rastermustern im Bild zu Moiré-Effekten in der Verkleinerung/Vergrößerung (Original → a)
- Vermeidung durch Weichzeichner (Original → Filter → b)

Original



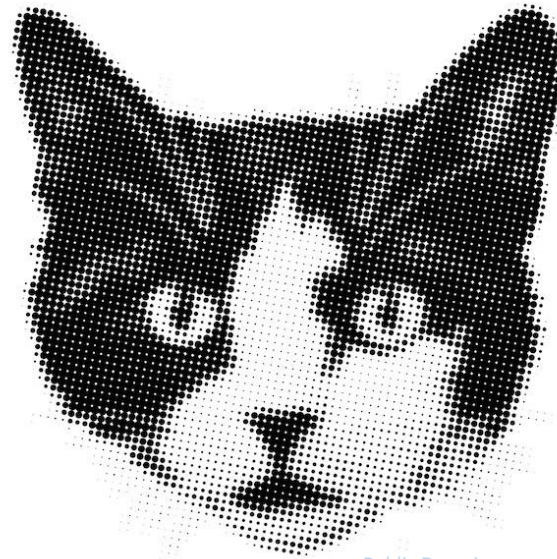
(a)

Public Domain

(b)

Druckraster

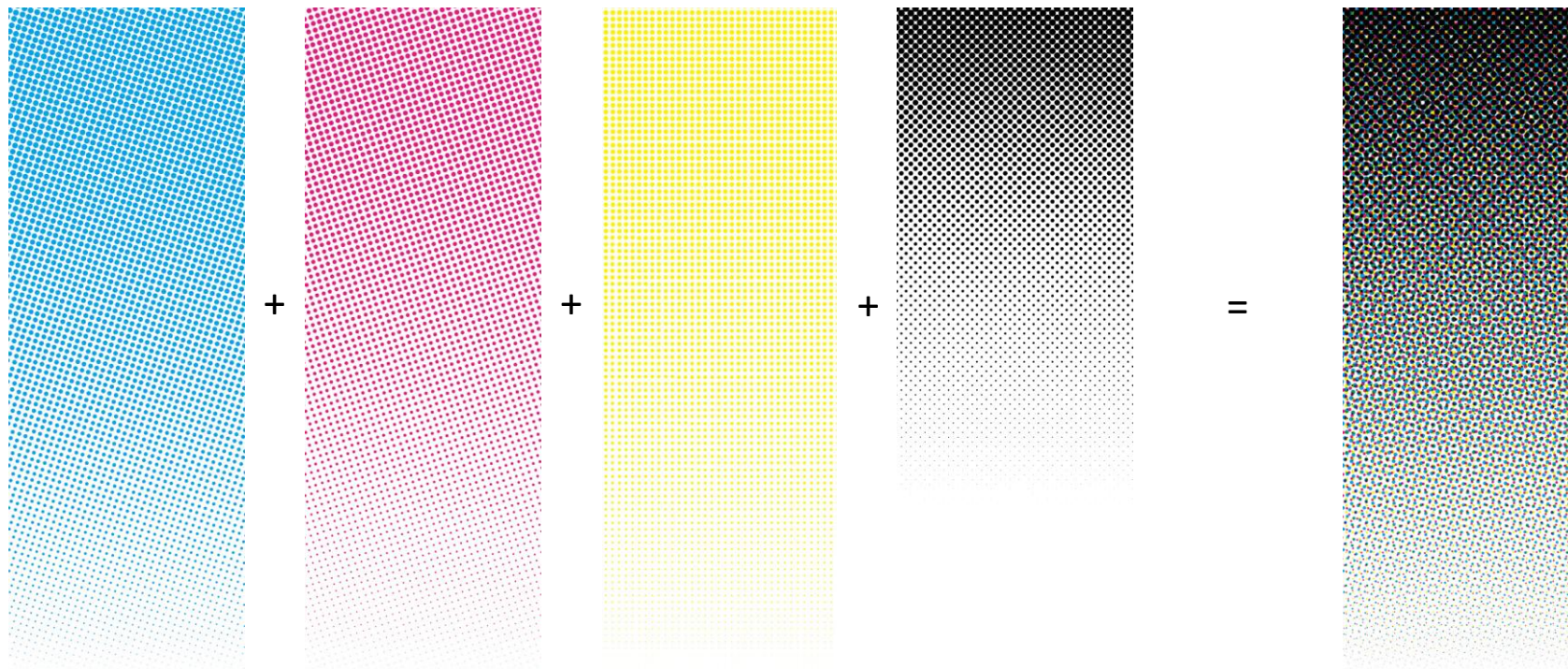
- sparsame Alternative zur Farbmischung
- basiert auf Wahrnehmungseigenschaften (siehe Gestaltgesetze)



Public Domain

Rasterprobleme

Vorsicht bei der „Mischung“ von Rastern!



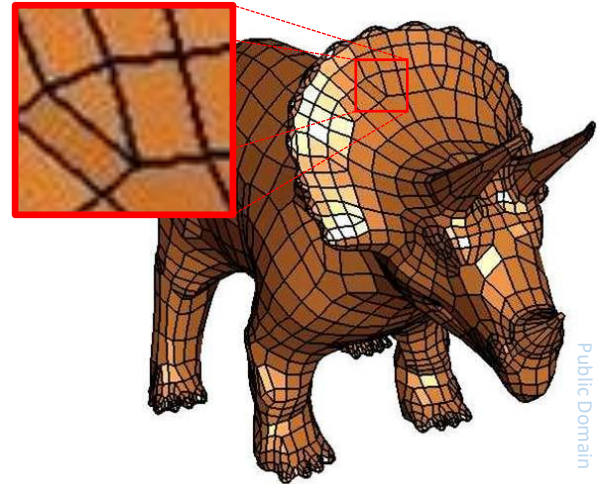
Wichtige Bildaustauschformate

Joint Photographic Experts Group (JPEG)

- Basisformat für komprimierte Bilder in PDF
- Kompression durch verlustbehaftete Verarbeitungsschritte in Zusammenwirken mit Huffman-Kodierung
- Blockbildung, stufige Übergänge, Farbeffekte an Graukeilen
- Nachfolger JPEG-2000 ist wesentlich weniger anfällig für diese Art von Artefakten und kann ICC-Profile einbetten

Einsatz von JPEG

- geeignet für Fotos
- ungeeignet für
 - Strichzeichnungen
 - Schwarzweißbilder
(nur Schwarz und Weiß, d.h. 1 Bit pro Bildpunkt)
 - gerasterte Bilder (bspw. im Zeitungsdruck)



Public Domain

JPEG 2000, JP2

- verlustfreie oder verlustbehaftete Komprimierung
- Format basiert auf XML
- kann Metadaten enthalten, die das Verwalten und Auffinden erleichtern
- bestimmte Bildregionen können in höherer Qualität gespeichert werden (geringere Kompression oder verlustfrei)
- Interlacing ähnlich PNG (für Druck unwichtig, außer bei Layer-Druck-Verfahren)

Tagged Image File (TIFF)

- Vorteile
 - unterstützt viele Farbräume u.a. RGB und LAB
 - kann ICC-Profile einbetten
 - verlustfreie Komprimierung möglich mit LZ77- oder LZW-Algorithmus
- Nachteil
 - Komprimierungsrate ist oft zu gering
(bspw. DIN-A4-Seite mit 600dpi und 256 Farben: TIF 32 MB, PNG 266 KB)

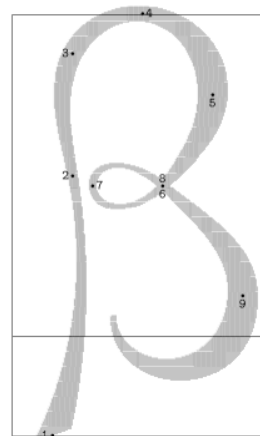
Adobe Photoshop Document (PSD)

- Vorteile
 - unterstützt getrennte Farbkanäle (auch Alpha) und Ebenen
 - speichert Bearbeitungen, ICC-Profile
 - Text wird als Objekt im Dokument gespeichert, erst auf Ausgabegerät gerastert
 - verlustfreie Weiterbearbeitung möglich
 - de facto Standard in der Druckindustrie (neben PDF)
- Nachteile
 - proprietäres Bildformat
 - kann nicht von allen Programmen gelesen werden

Vektorschriften

- True-Type Fonts
 - Glyphen durch Befüllen ihrer Kontur, zusammengesetzt aus Bézier-Kurven 1. bis 3. Grades
 - die interpolierten Anfangs- und Endpunkte nennt man „on points“, die Zwischenpunkte „off points“

- Meta Font (bspw. mit $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$)
 - Glyphen definiert durch interpolierende Kurve eines Pinsels mit wählbarem Profil
 - Profil kann entlang der Kurve Größe und Orientierung ändern
 - sehr mächtig: kann programmiert werden und Gleichungssysteme lösen



```

u#:=4/9pt#;
define_pixels(u);
beginchar(66,13u#,16u#,5u#);"Letter beta";
x1=2u; x2=x3=3u;
bot y1=-5u;
y2=8u; y3=14u; x4=6.5u;
top y4=h;
z5=(10u,12u); z6=(7.5u,7.5u); z8=z6;
z7=(4u,7.5u); z9=(11.5u,2u); z0=(5u,u);
penpos1(2u,20);
penpos2(.5u,0);
penpos3(u,-45);
penpos4(.8u,-90);
penpos5(1.5u,-180);
penpos6(.4u,150);
penpos7(.4u,0);
penpos8(.4u,210);
penpos9(1.5u,-180);
penpos0(.3u,20);
pickup pencircle;
penstroke z1e..z2e..z3e..z4e..z5e..z6e..
{up}z7e..z8e..z9e..{up}z0e;
labels(range 1 thru 9);
endchar;
end
  
```