

2D Graphik: Pixel-Graphik Grundlagen

Vorlesung „2D Graphik“

Andreas Butz, Otmar Hilliges

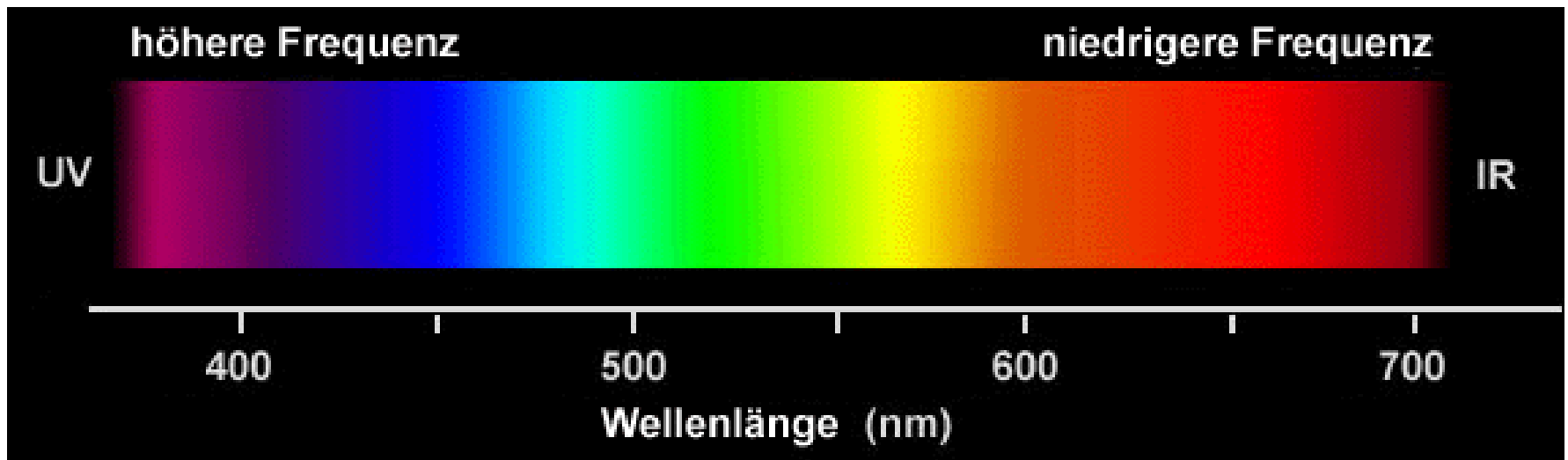
28.10.2005

Themen heute

- Licht & Farbe
- Pixelgraphiken
- Farbräume und Konvertierungen
- Größe, Auflösung, dpi,...
- Nachbarschaften, Pfade, Ränder
- Displays und Kameras
 - RGB Monitor / Projektor
 - Tintenstrahldrucker
 - Film und Fotopapier

Was ist Licht?

- Licht kann als Elektromagnetische Welle beschrieben werden (oder als Teilchen)
- Sichtbarer Bereich zwischen 350 nm und 750 nm
- Zerlegung des Farbspektrums durch ein Prisma



Eigenschaften des Lichts

- Energieverteilung über den gesamten Spektralbereich
- Unterschiedliche Lichtquellen haben unterschiedliche Verteilungen
 - Tageslicht
 - Abendsonne
 - Glühbirne
 - Neonröhre

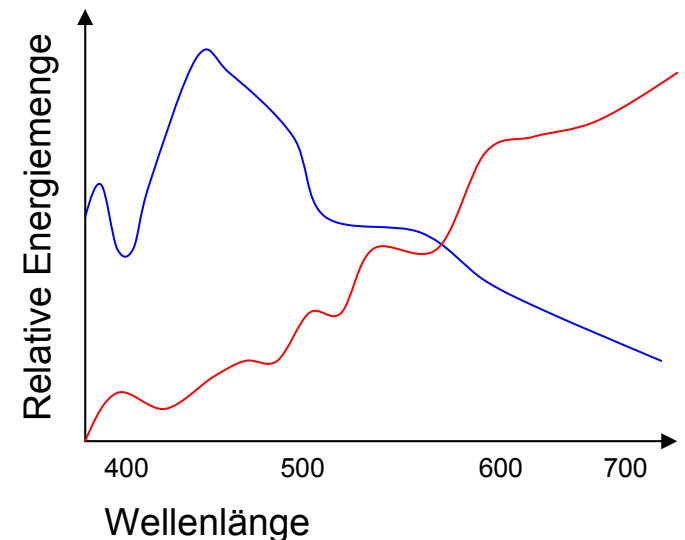
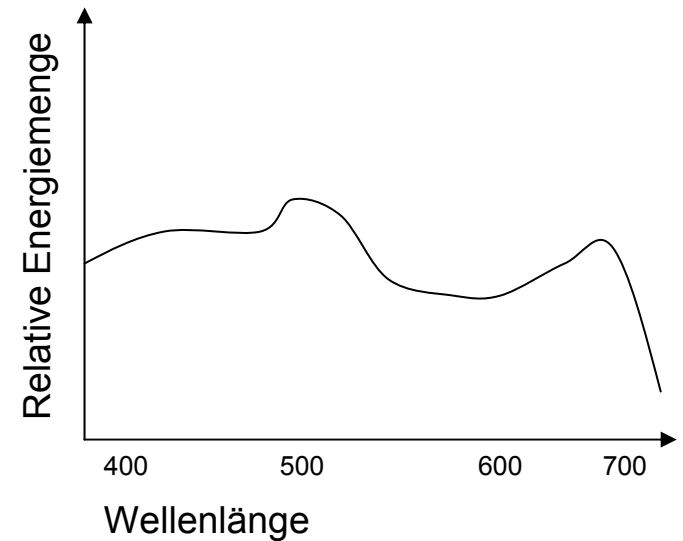
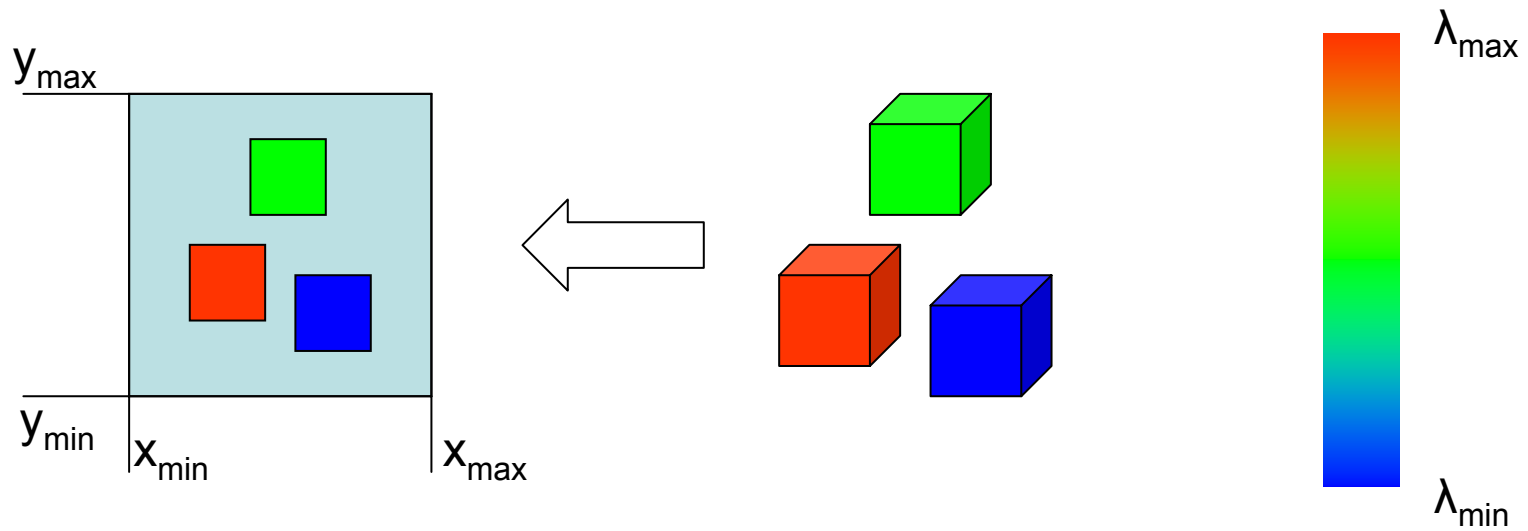


Abbildung der Welt auf ein 2D Bild

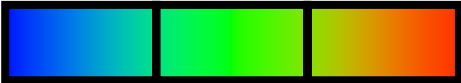


Ideale Abbildungsfunktion R:

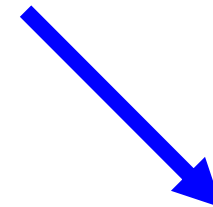
$$R: [x_{\min}, x_{\max}] \times [y_{\min}, y_{\max}] \times [\lambda_{\min}, \lambda_{\max}] \rightarrow [r_{\min}, r_{\max}]$$

Also: Ort \times Wellenlänge \rightarrow Intensität

Diskretisierung von R

- Ortsbereich: $x \in [1 \dots M]$, $y \in [1 \dots N]$
 - z.B. $1 \leq x \leq 1024$, $1 \leq y \leq 768$
- Farbbereich: $\lambda \in$ 
 - z.B. $\lambda \in [\text{rot}, \text{grün}, \text{blau}]$
- Intensitätsbereich: $r \in [1 \dots P]$
 - z.B. $r \in [0 \dots 255]$
- Beispiel: $R(17, 23, \text{rot}) = 128$
- Zerlegung in kleine einfarbige Flächen = Pixel
- Endliche Anzahl von Pixeln in X- und Y-Richtung
- Endliche Anzahl und Auflösung von Farbkanälen

Anschaulich: RGB Farbkanäle



Farbauflösung

= Anzahl der Helligkeitsstufen je Farbkanal



256



4



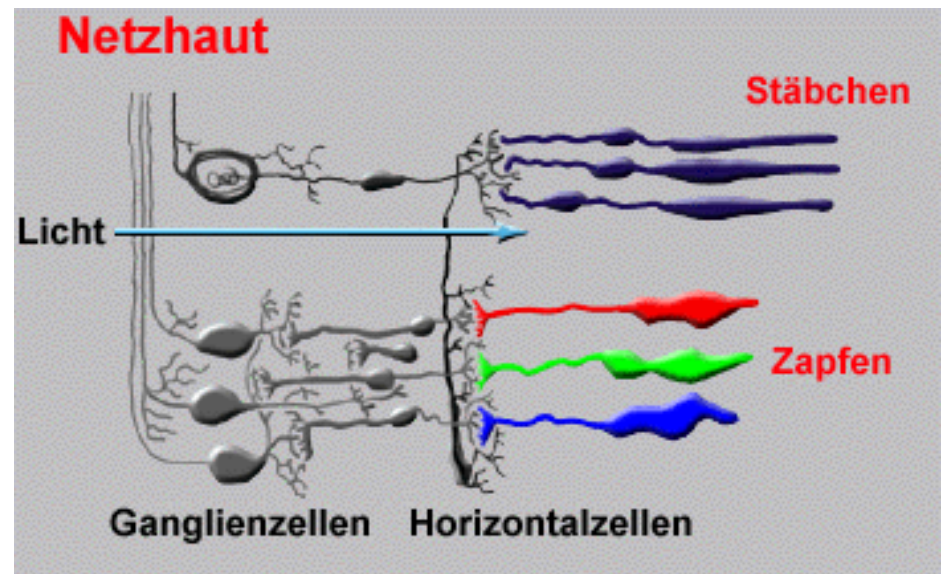
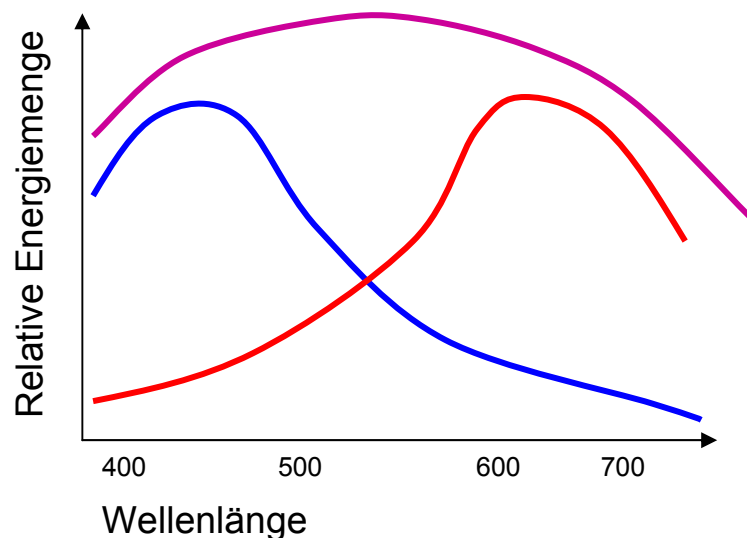
2



2 +
dither

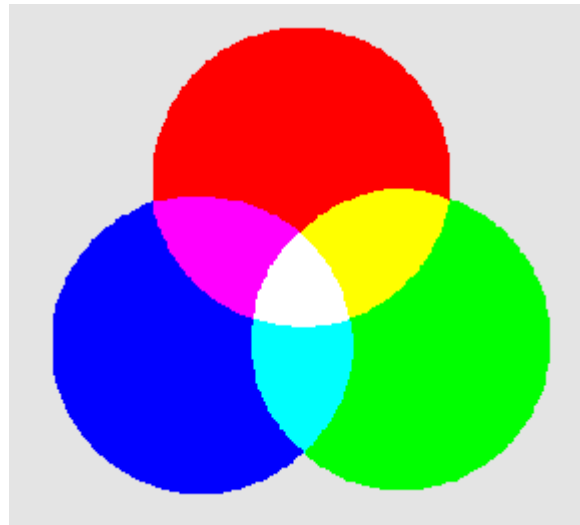
Additive Farbmischung (1)

- Die Farbe der Mischung zweier Lichter ergibt sich aus der Addition der Energiespektren

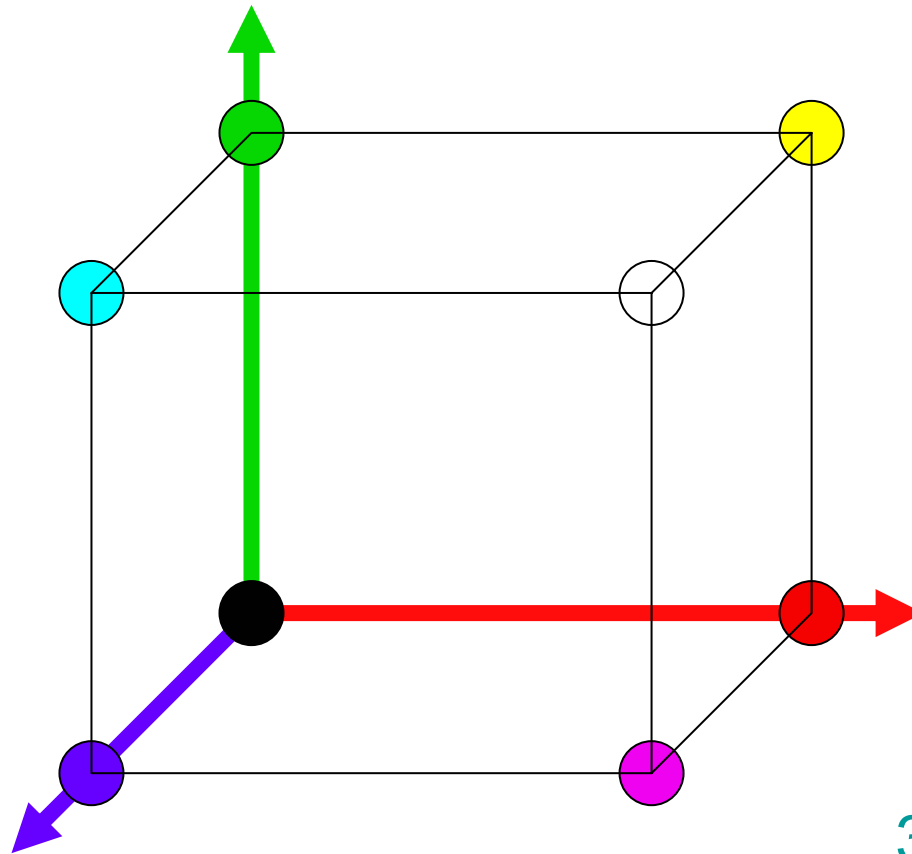


Additive Farbmischung (2)

- Grundfarben: Rot, Blau und Grün
- Komplementärfarben:
Cyan, Magenta und Gelb

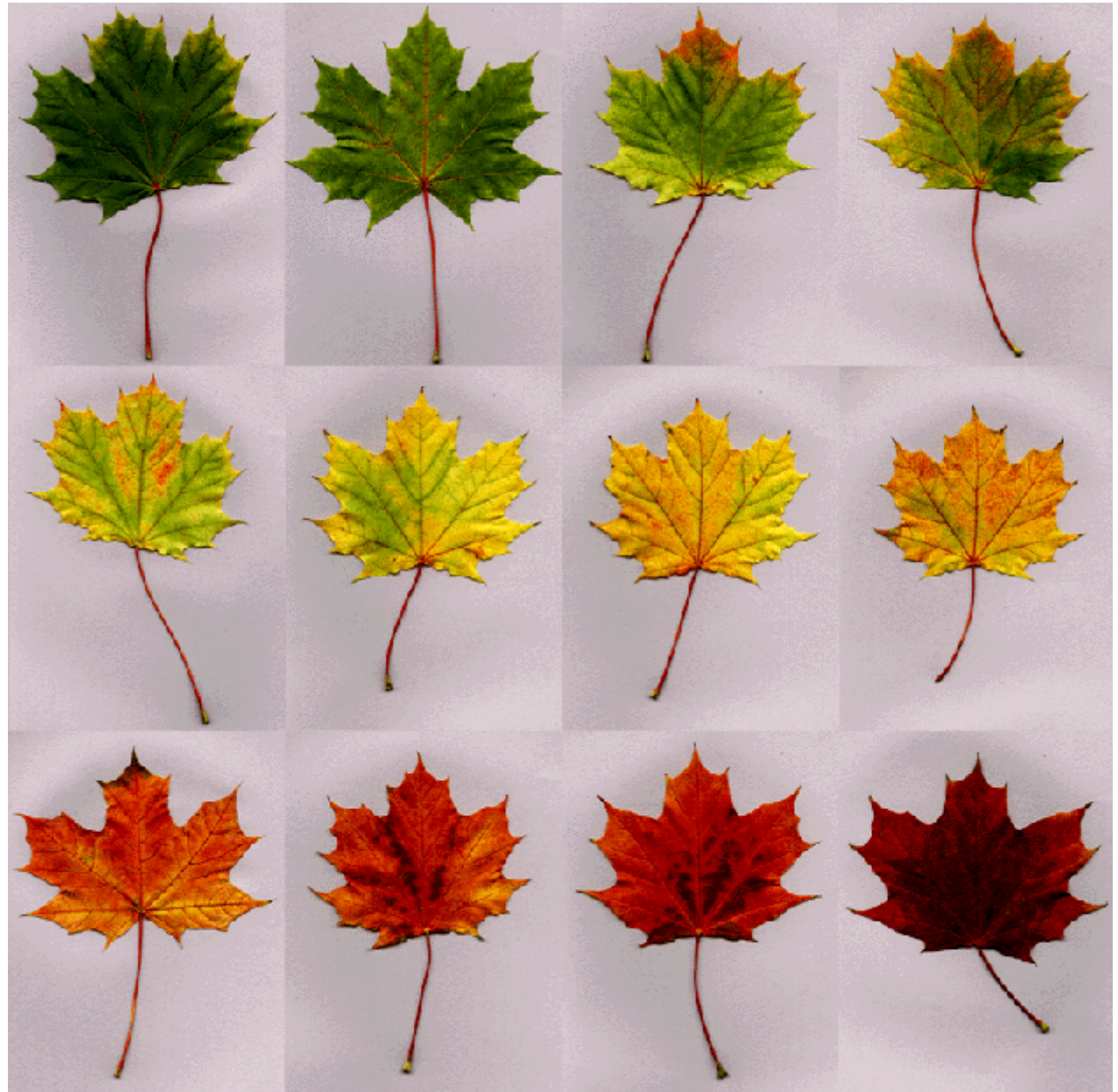


RGB-Farbmodell

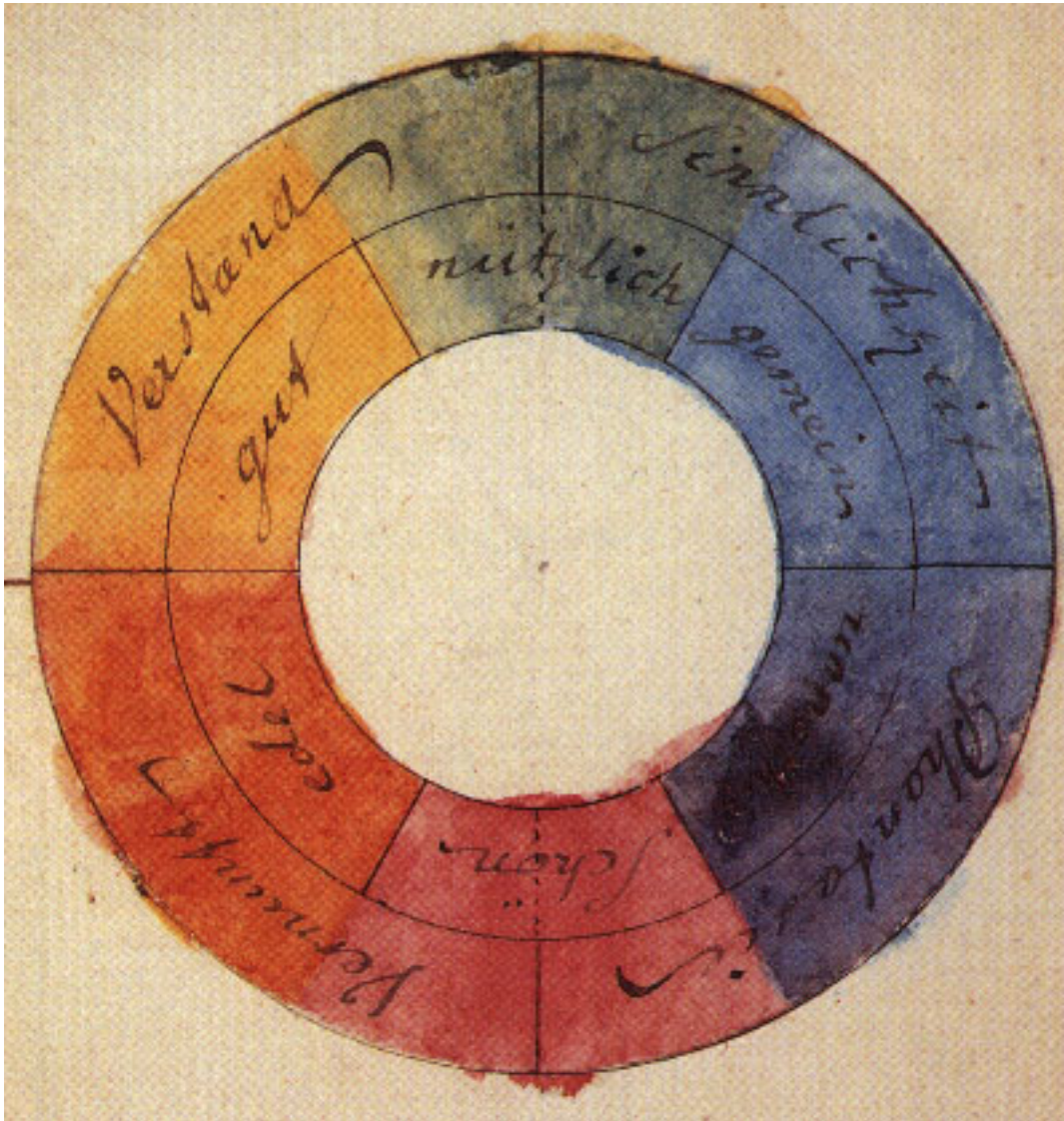


3D-Farbwürfel

Natürliches Farbsystem

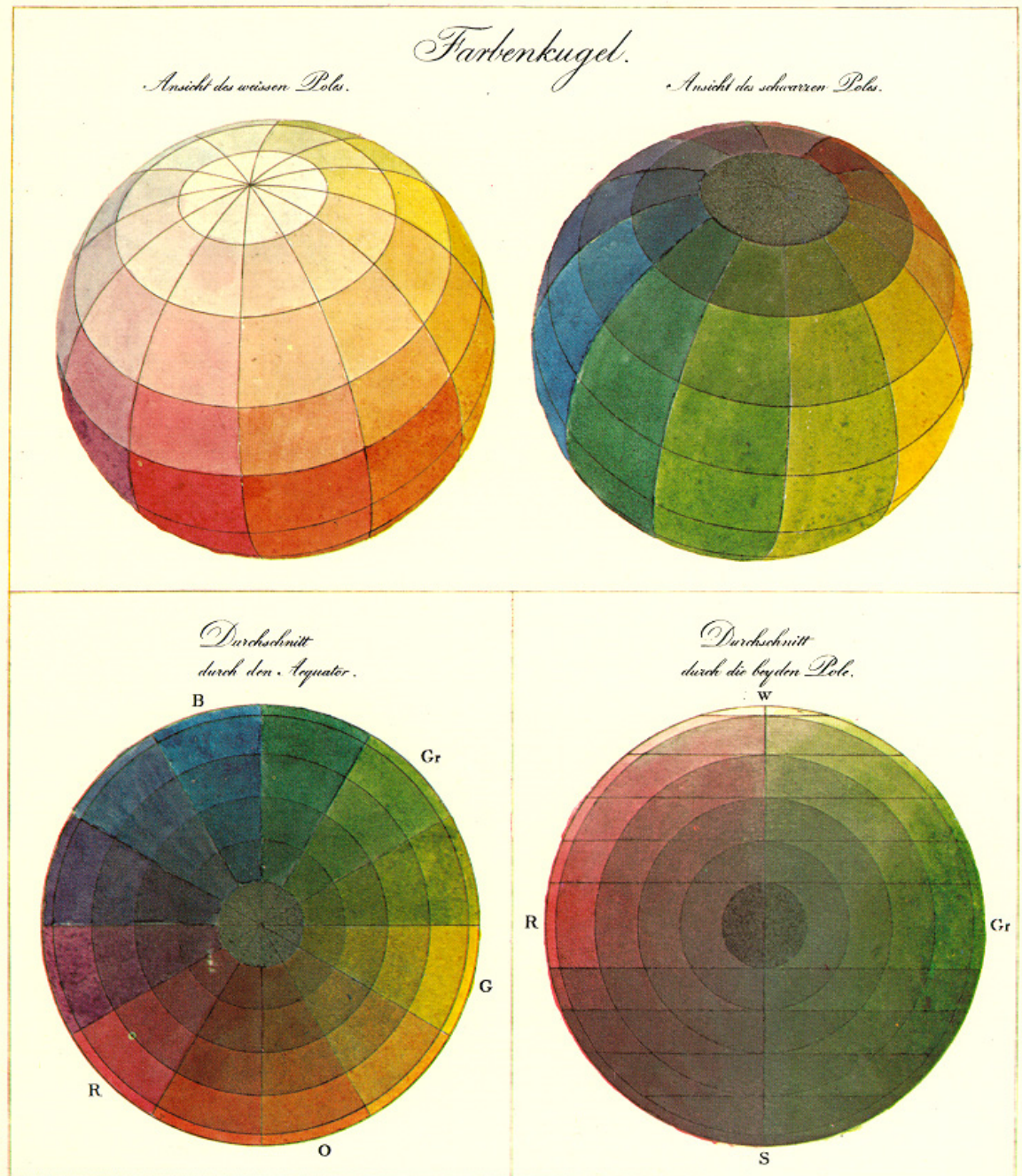


Farbkreis nach Goethe (1810)



- Abgeleitet aus Naturbetrachtung
- Angelehnt an Farbsymbolik
- Zuordnung von Farben zu Verstand, Sinnlichkeit, Phantasie, Vernunft
- [Nachlesen](#)

Farbenkugel nach Philipp Otto Runge (1810)

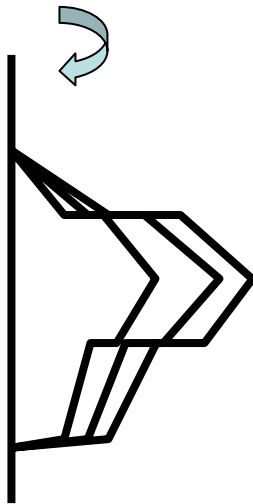


Farbkreis nach Johannes Itten (1961)

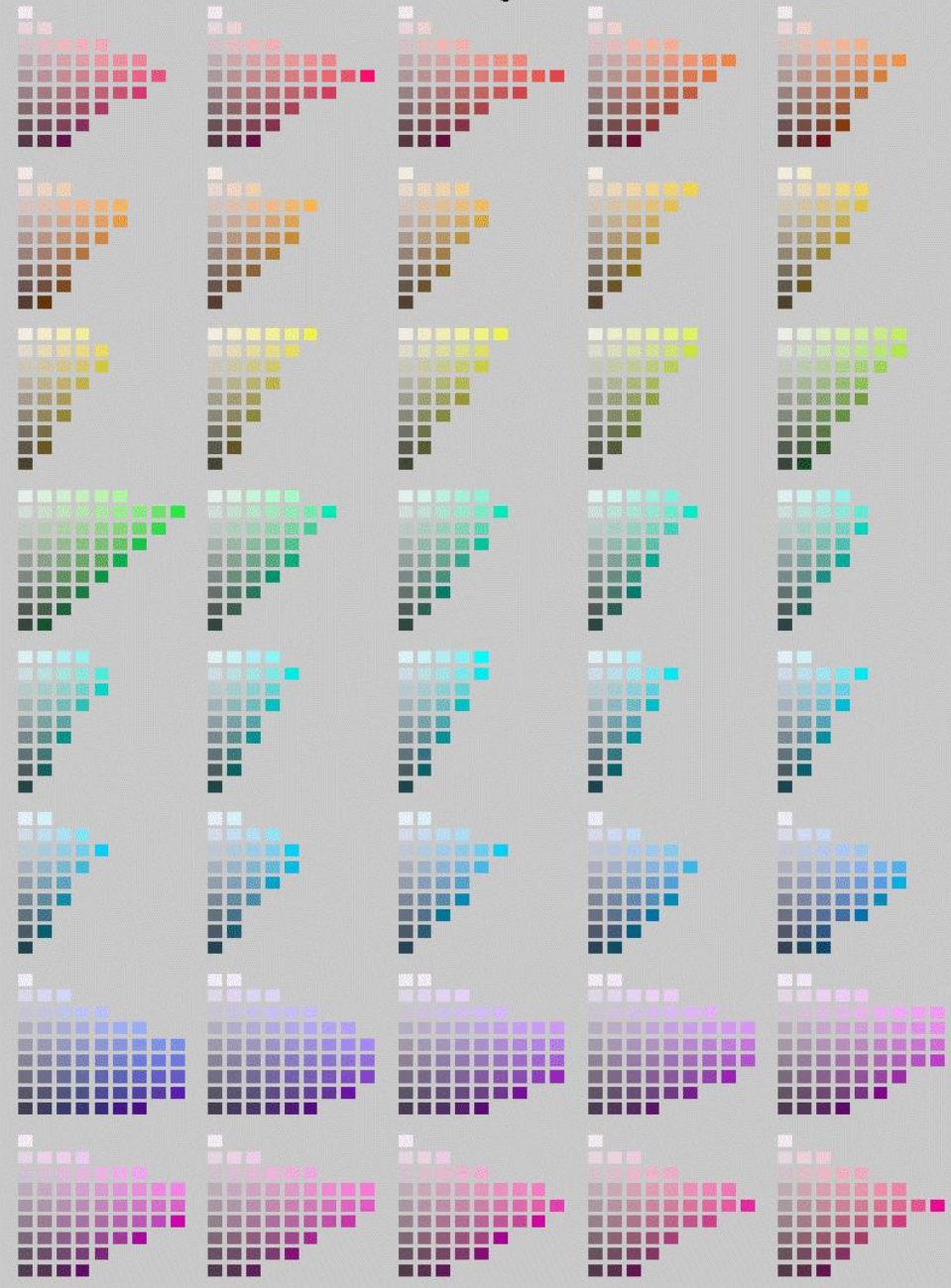
- 3 Primärfarben: rot, gelb, Blau
- 3 Sekundärfarben: grün, orange, violett
- Unterschiedlich von heutigem RGB Modell
- Angelehnt an Wahrnehmung und Empfindung von Farben



Munsell Farbsystem

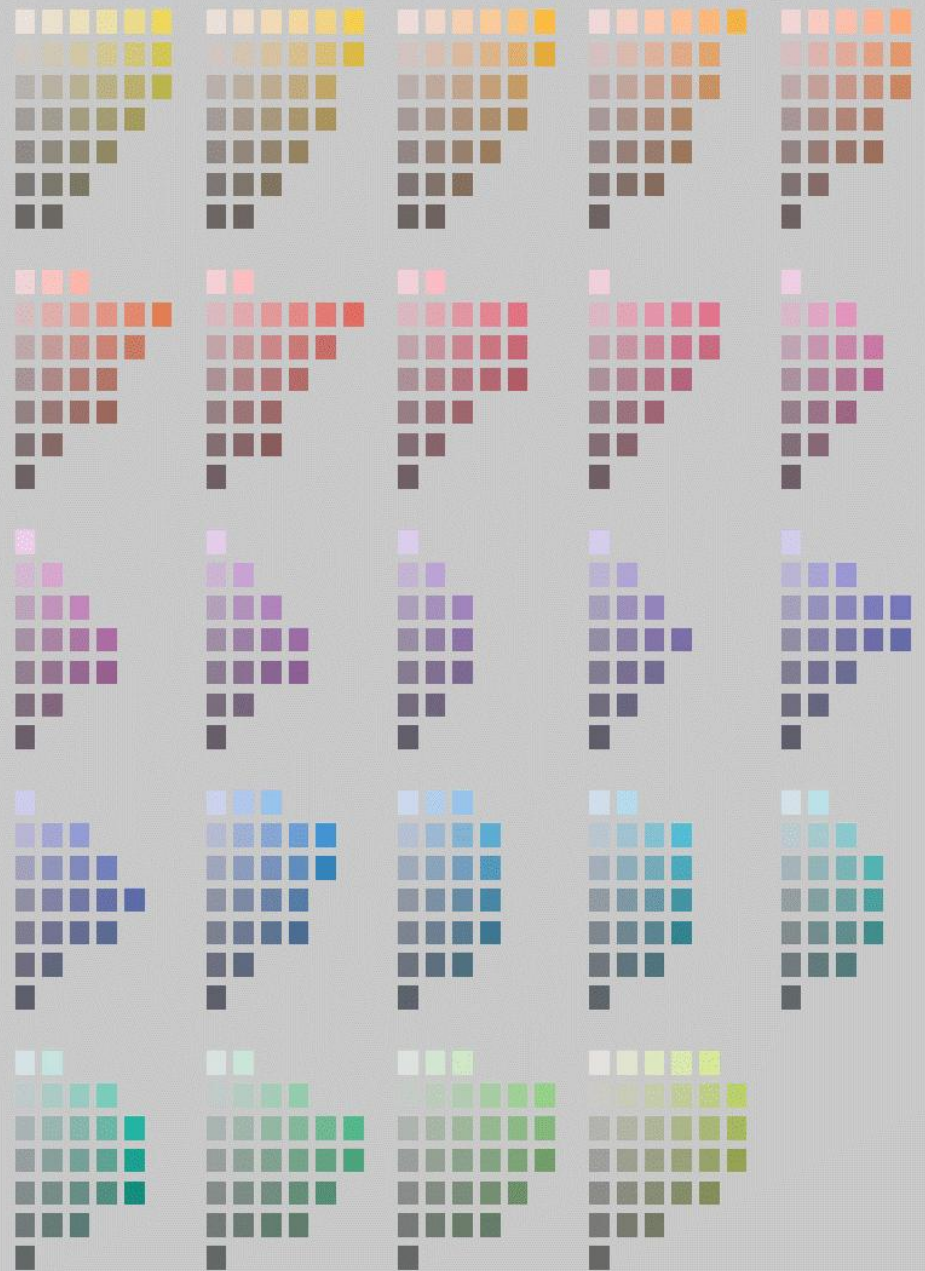


Munsell Color System



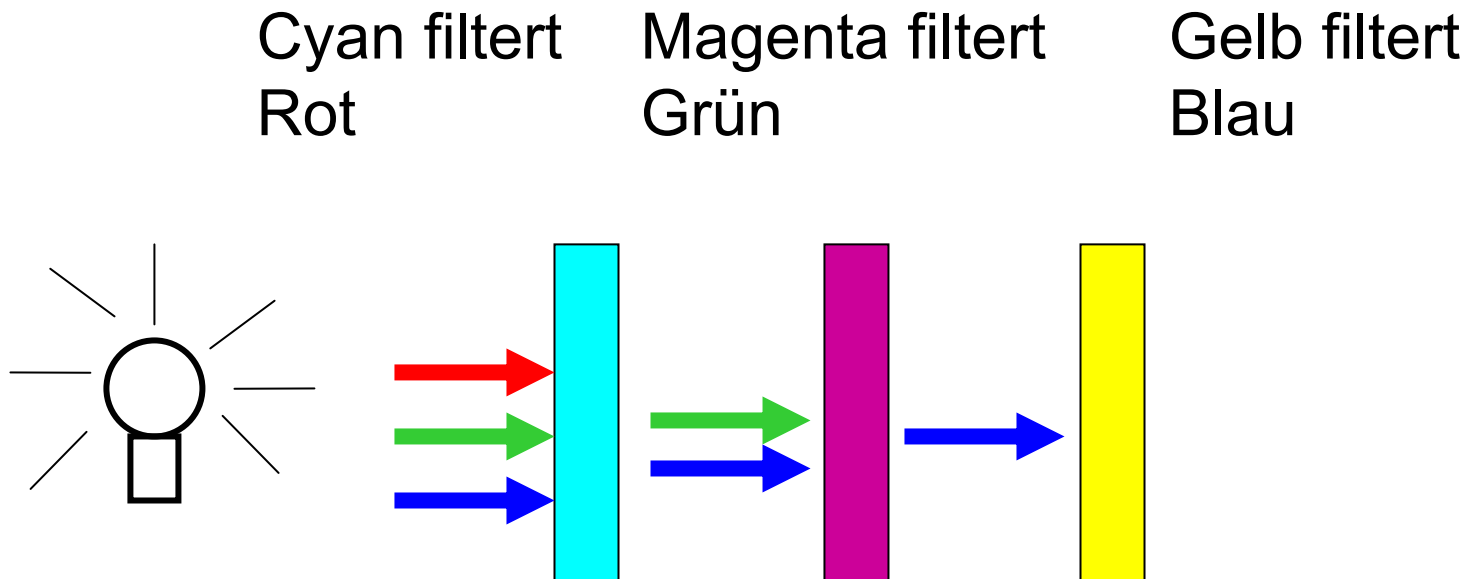
DIN 6164

Farbsystem DIN 6164



Subtraktive Farbmischung (1)

- Farbfilter absorbieren Teile des Farbspektrums



Subtraktive Farbmischung (2)

- Verringerung der Lichtintensität durch Farbpigmente nach dem Beer-Lambertgesetz:

$$A(\alpha) = \log(1/T(\alpha)) = a(\alpha)bc$$

$T(\alpha)$ = gefiltertes Licht

$A(\alpha)$ = Absorption

$a(\alpha)$ = Materialkonstante der Absorption

b = Dicke des Materials

c = Konzentration der Pigmente



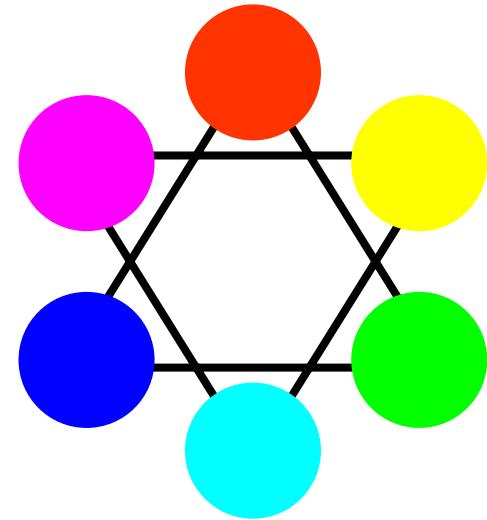
...oder einfacher:

- Die doppelte Menge von Pigmenten halbiert die transmittierte Lichtintensität.
- Die doppelte Dicke des Materials halbiert die transmittierte Lichtintensität
- Die Absorption verschiedener Filter, die hintereinander liegen ist additiv.

Umrechnung RGB - CMY

$$\begin{pmatrix} red \\ green \\ blue \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{\max} \\ w_{\max} \\ w_{\max} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} cyan \\ magenta \\ yellow \end{pmatrix}$$

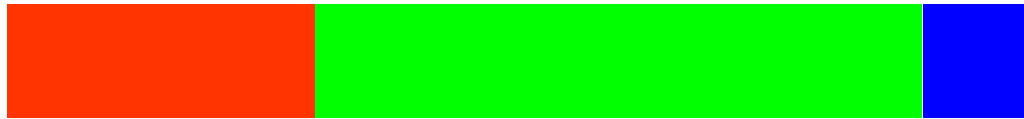
$$\begin{pmatrix} cyan \\ magenta \\ yellow \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{\max} \\ w_{\max} \\ w_{\max} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} red \\ green \\ blue \end{pmatrix}$$



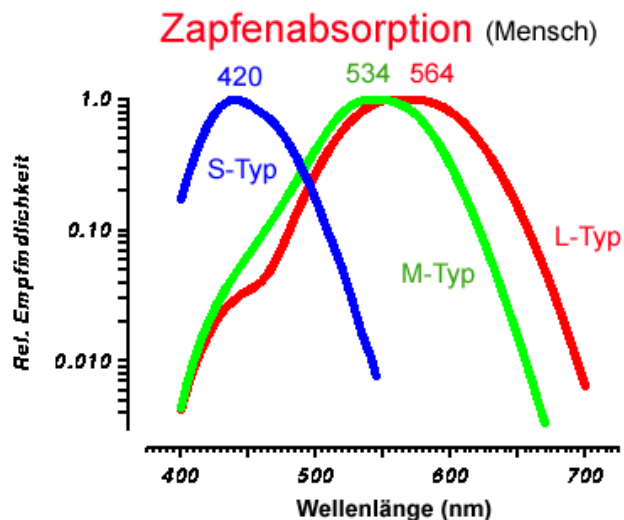
- Beispiel (8 bit/Kanal, $w_{\max} = 255$):
(255r, 0g, 0b) = (0c, 255m, 255y)

Umwandlung RGB → Graustufen

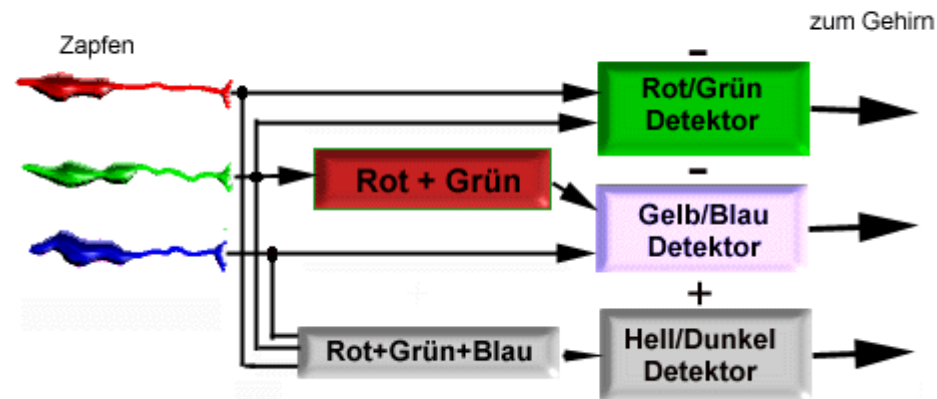
$$grey = 0,3red + 0,59green + 0,11blue$$



- Naiver Ansatz: $g=(r+g+b)/3$ führt zu falschen Helligkeiten (bzgl. unserer Wahrnehmung)
- Farbrezeptoren im Auge: **1:20:40**



Verschaltung in der Retina



Umwandlung Graustufen \rightarrow s/w

$$b'(x, y) = \begin{cases} 0 & : b(x, y) < c \\ 1 & : \textit{sonst} \end{cases}$$



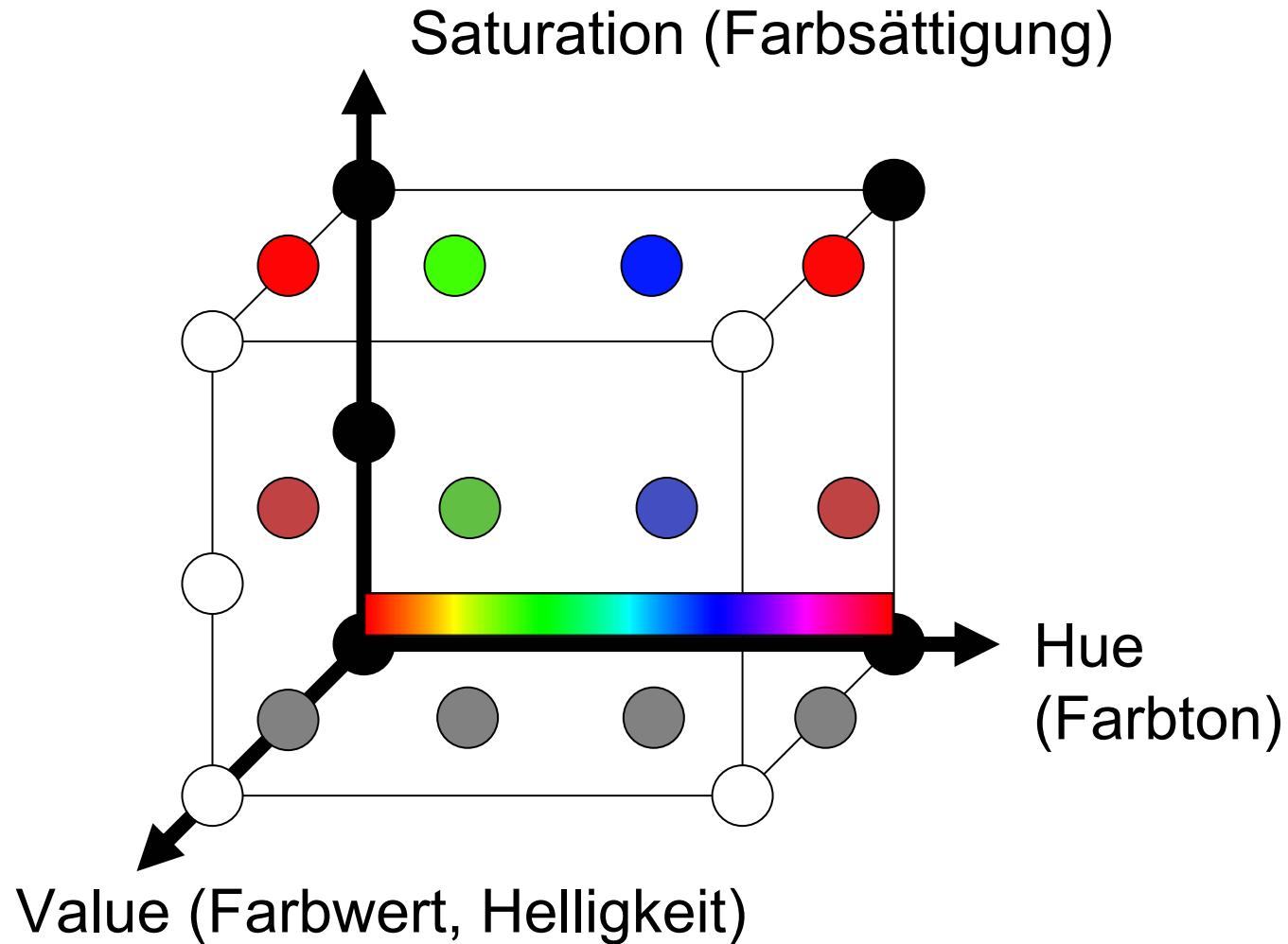
Umrechnung RGB \rightarrow YUV

$$\begin{array}{l} y = r + g + b \\ u = b - y \\ v = r - y \end{array} \quad \begin{array}{l} r = y + v \\ b = y + u \\ g = y - r - b \end{array} \quad \begin{pmatrix} y \\ u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 2 \\ 2 & -1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

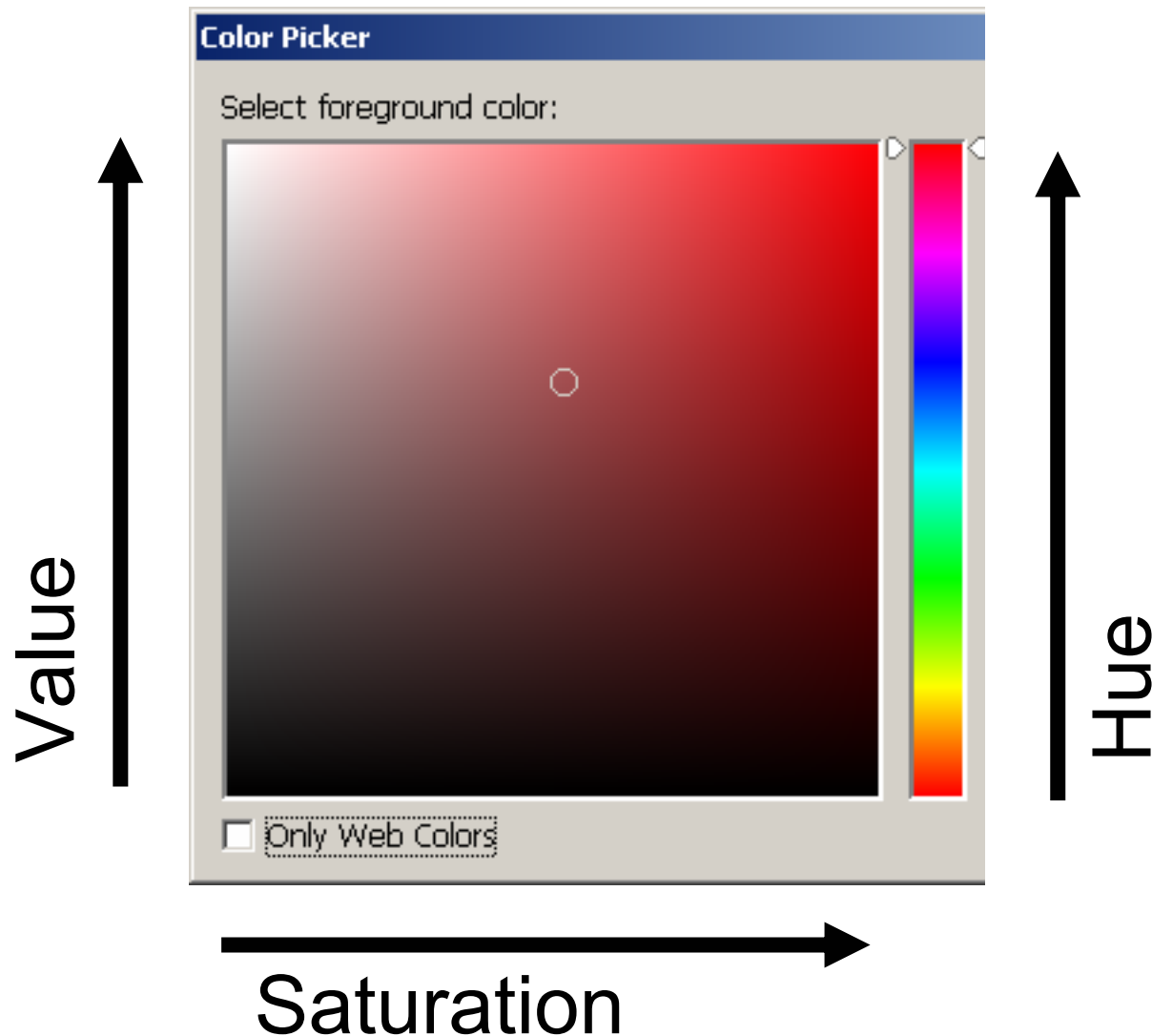
- Y= Luminanz (Helligkeit), U,V = Farbanteile
- JPEG verw. YUV und bewahrt mehr Detail in Y als in U,V
- Y alleine = Graustufenbild (\rightarrow S/W Fernseher)
- Verwendung in PAL Fernsehnorm:

$$\begin{pmatrix} y \\ u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,256788 & 0,504129 & 0,097906 \\ -0,148223 & -0,290993 & 0,439216 \\ 0,439216 & -0,367788 & -0,071427 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

HSV Farbmodell

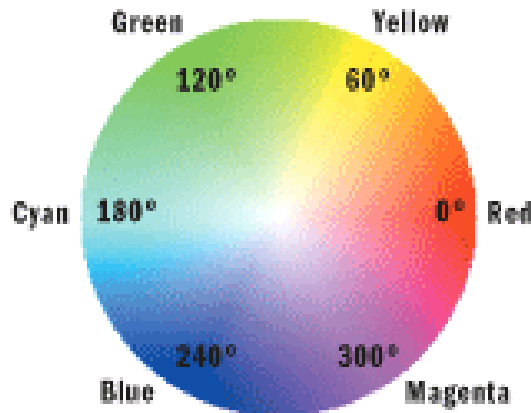


HSV Farbraum, andere Darstellung



Umrechnung RGB → HSV

$$\begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{3} & 1/\sqrt{3} & 1/\sqrt{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} h \\ s \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \arctan(m_1 / m_2) \\ m_1^2 + m_2^2 \\ m_3 \sqrt{3} \end{pmatrix}$$



$$h \in [0 \dots 360^\circ]$$

$$s, v \in [0 \dots 1]$$

$$\begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s \sin(h) \\ s \cos(h) \\ v / \sqrt{3} \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2/\sqrt{6} & 0 & 1/\sqrt{3} \\ -1/\sqrt{6} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{3} \\ -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{pmatrix}$$

Ortsauflösung = Anzahl der Pixel im Bild



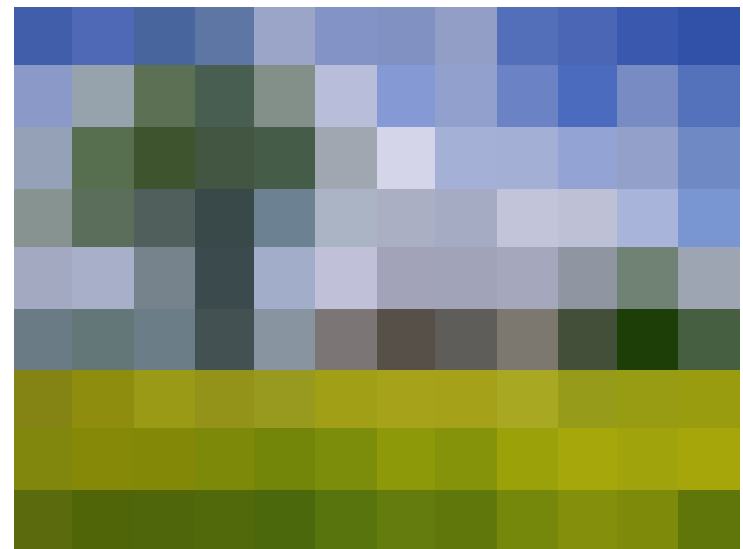
100



50



25



12

Auflösung in pixel per inch (ppi)

- Anzahl der Pixel je Zoll bei gegebener Darstellungsgröße

Auflösung = Ortsauflösung / Größe

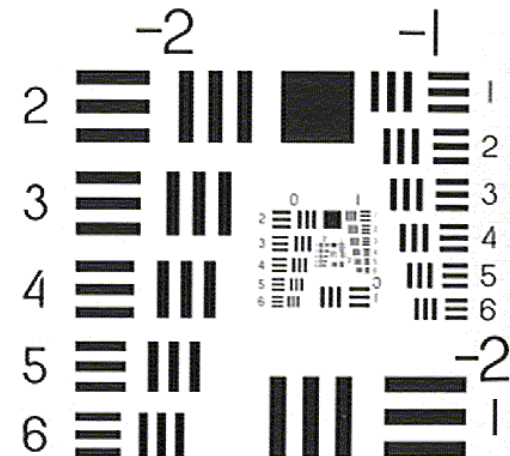
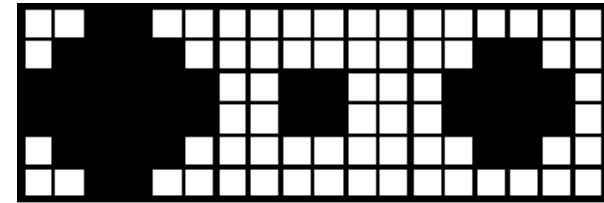
Beispiel: Auflösung = 300 ppi

Ortsauflösung = 3.000x2.000 Pixel

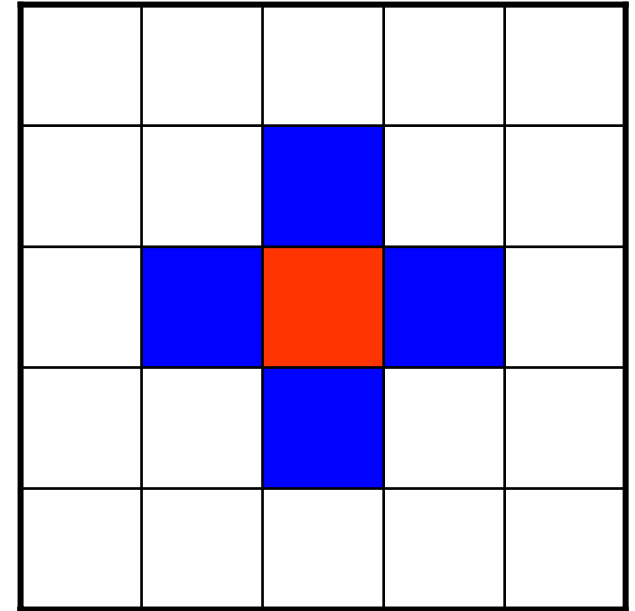
Größe = 10 x 6,6 Zoll = 25,4 x 17 cm

Andere Auflösungsmaße

- dpi = dots per inch
 - z.B. Punkte beim Laserdrucker
 - z.B. 6x6 dots um 36 Graustufen darzustellen
 - 600dpi = 100ppi bei Raster mit 36 Graustufen
- lpi = lines per inch: entspr. ppi beim Drucker
- Lp/mm = Linienpaare pro Millimeter
 - Historisch: Angabe der Auflösung eines photographischen Films
 - $Lp/mm = dpi / (2 * 2,54)$

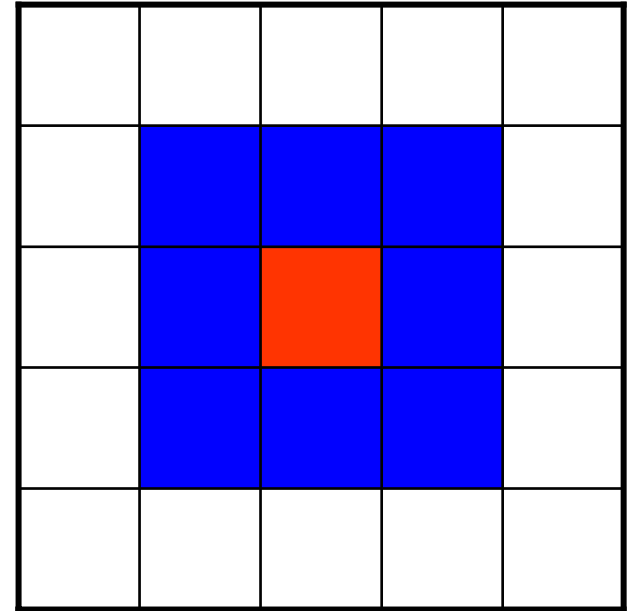


4-Nachbarschaft



- 2 Pixel sind 4-benachbart wenn:
 - Sich eine ihrer Koordinaten (x oder y) um genau 1 unterscheidet

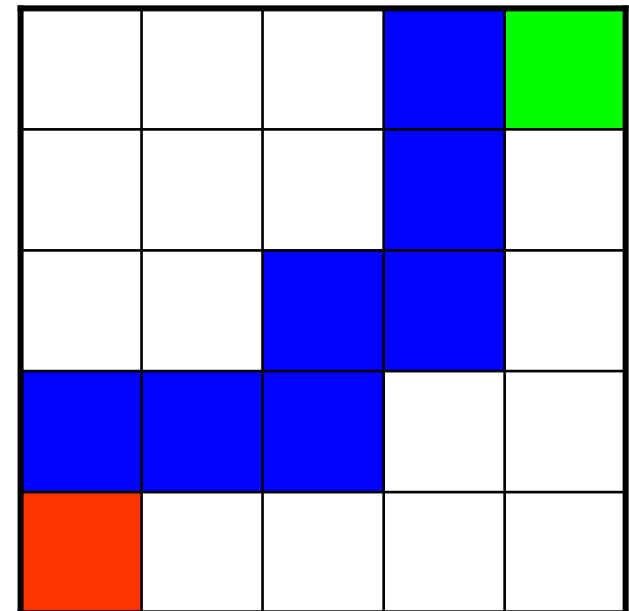
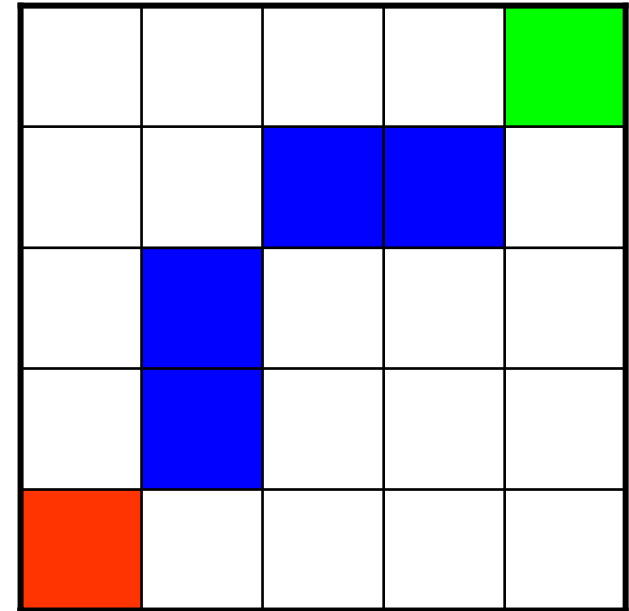
8-Nachbarschaft



- 2 Pixel sind 8-benachbart wenn:
 - Sie verschieden sind
 - Sich ihre beiden Koordinaten (x und/oder y) um maximal je 1 unterscheiden

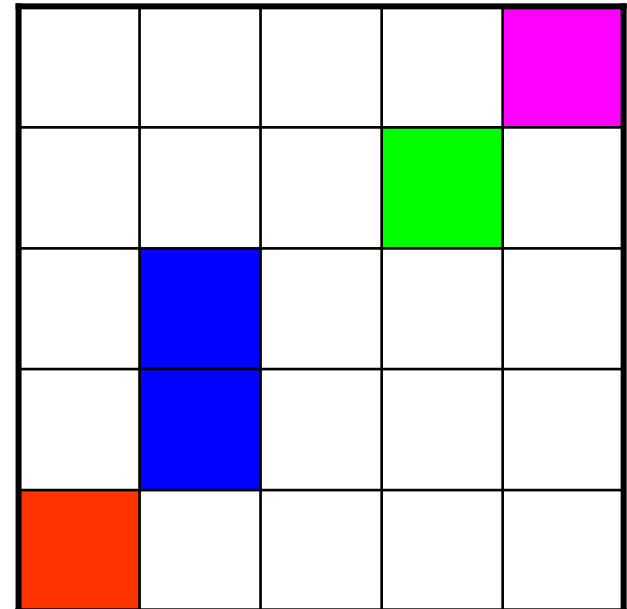
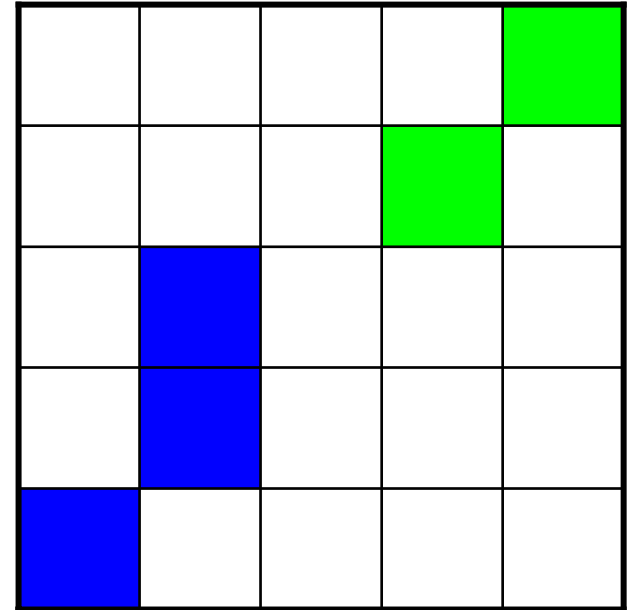
Pfade zwischen Pixeln

- Pfad = Folge von Pixeln $(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)$ für die gilt:
 (x_i, y_i) und (x_{i+1}, y_{i+1}) sind 8- bzw. 4-Nachbarn
- 2 Pixel sind pfadverbunden, falls ein Pfad zwischen ihnen existiert
- Pfadverbundenheit ist eine Äquivalenzrelation



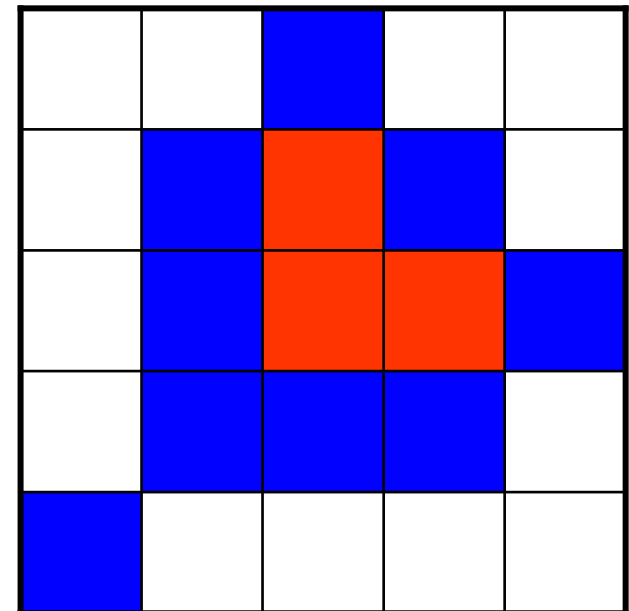
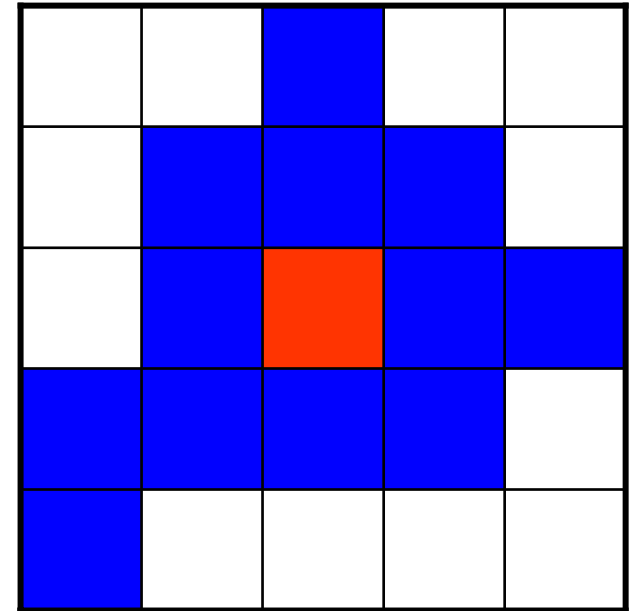
Zusammenhangsbereiche

- Äquivalenzklassen bzgl. Pfadverbundenheit
- Alle Punkte eines Zusammenhangsbereichs sind untereinander pfadverbunden
- 4-Nachbarschaft liefert andere Zusammenhangsbereiche als 8-Nachbarschaft



Innere und Randpunkte

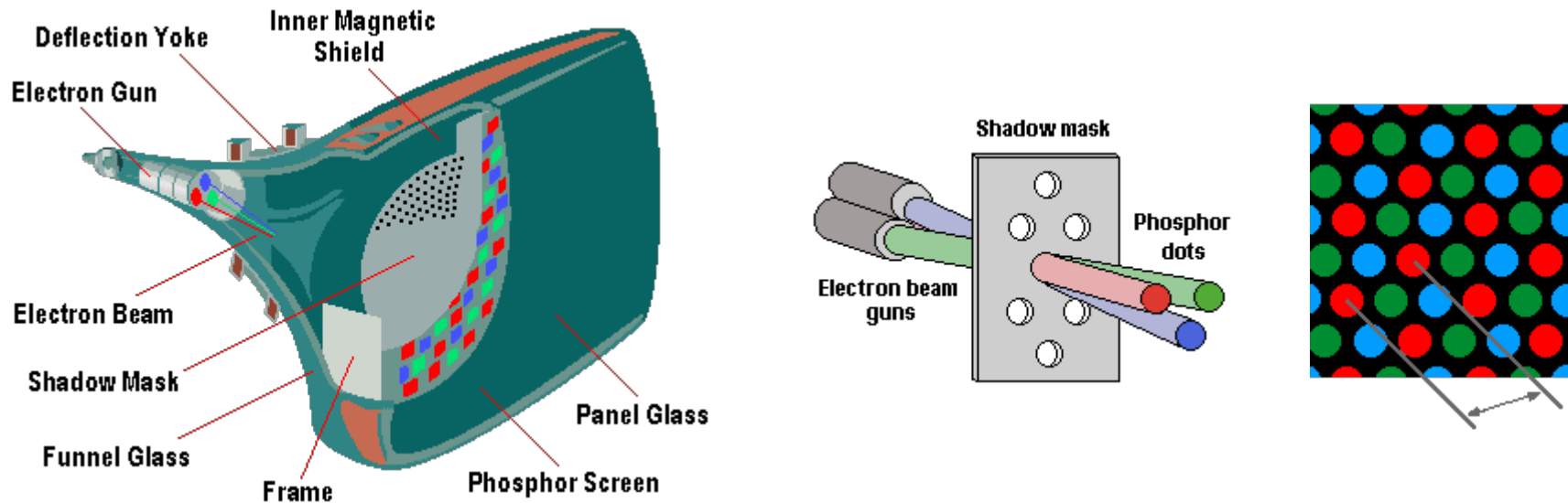
- Ein **Randpunkt** ist einem weissen Punkt benachbart
- Ein **innerer Punkt** nicht
- 4-Nachbarschaft liefert andere Randpunkte als 8-Nachbarschaft



Darstellung von Pixelgraphiken

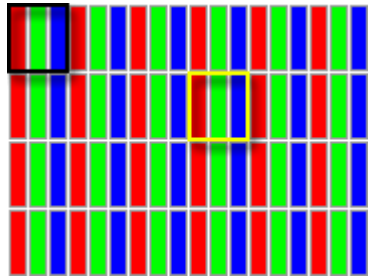
- Durch additive Mischung
 - CRT, LCD Monitore
 - CRT, LCD, DLP Beamer
- Durch subtraktive Mischung
 - Tintenstrahldrucker
 - Photographischer Film

Röhrenmonitore (Quelle: [pctechguide](http://pctechguide.com))

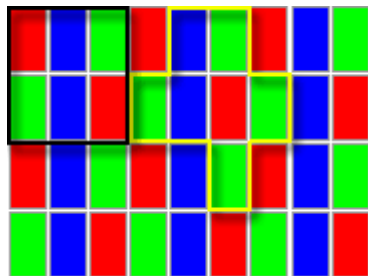


- Rote, grüne, blaue Phosphorpunkte
- Werden durch Lochmaske mit Elektronen beschossen und leuchten dadurch auf
- Je 3 Punkte = 1 Pixel

TFT Monitore



- 1 RGB Pixel = 3 oder mehr Punkte in R, G und B
- Verschiedene Arrangements
- Verschiedene Ansteuerungen

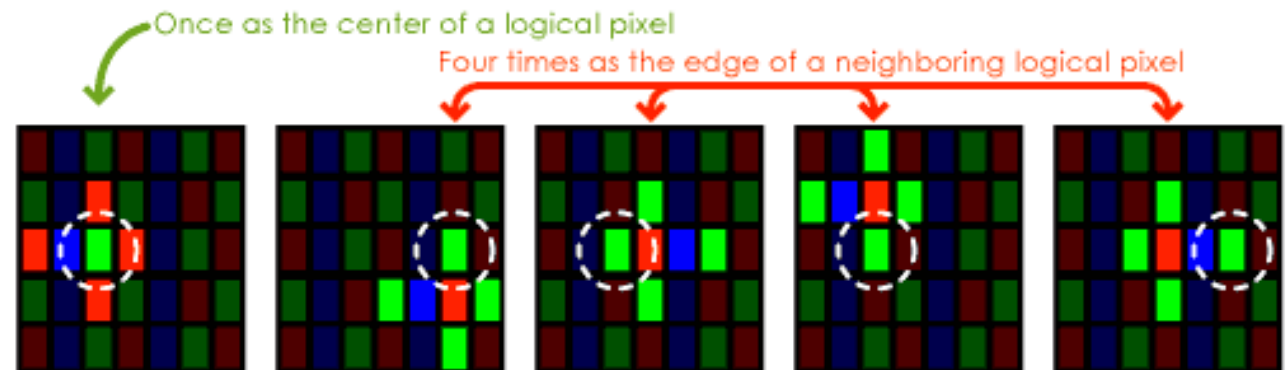


Quelle: [Samsung](#)



Each red and green subpixel is used five times...

Quelle: [Pentile](#)

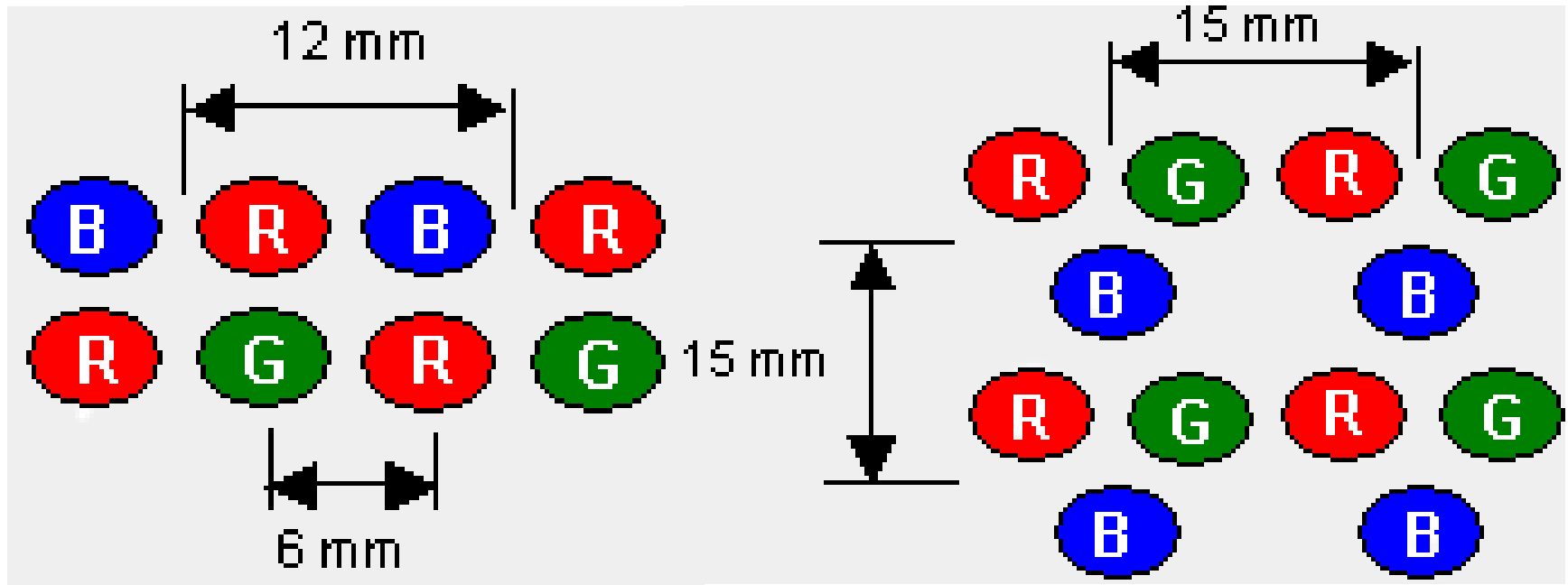


The 5 logical pixels (circled) in which a green subpixel participates

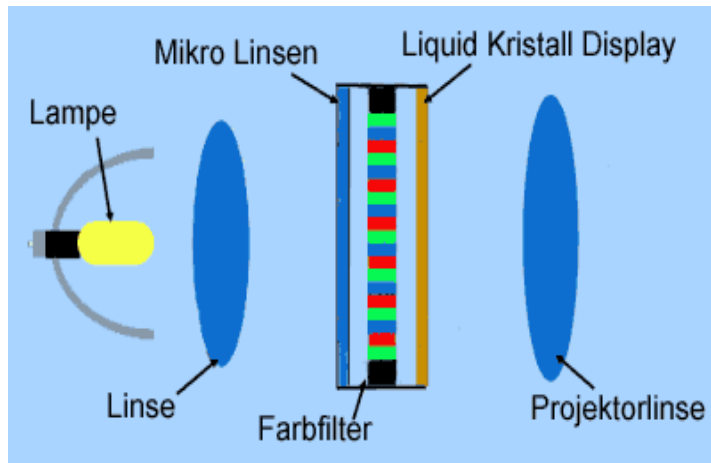
...hence a PenTile Matrix 

LED arrays (Quelle: [Mitsubishi](#))

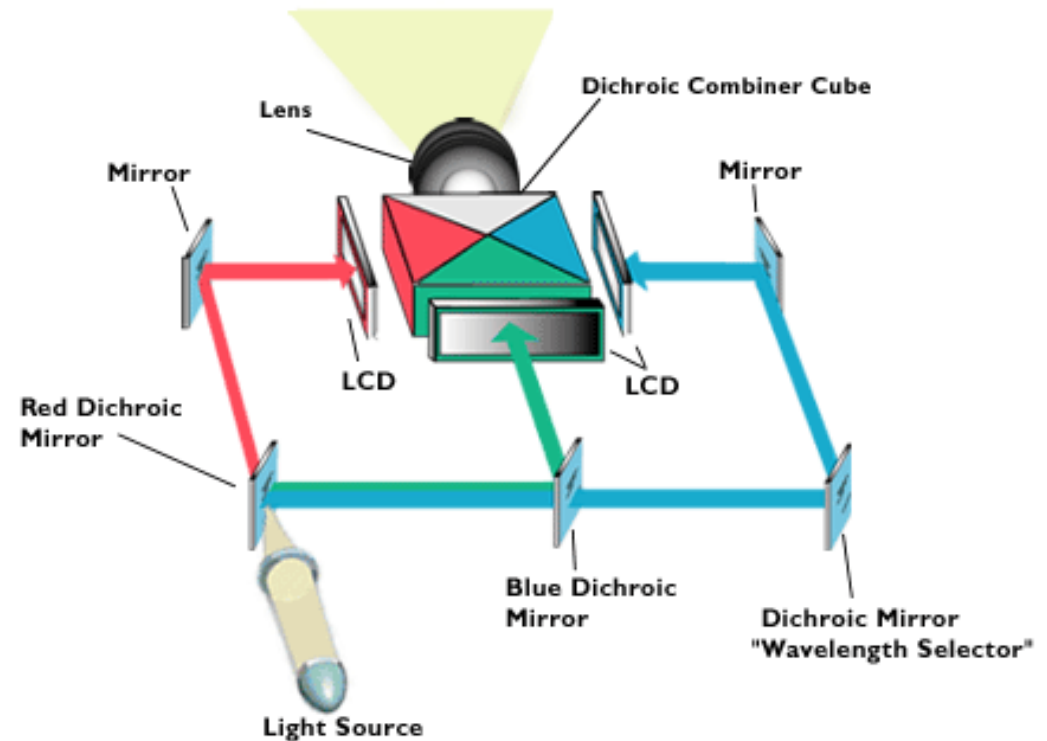
- Dots = R,G,B LEDs
- 1 Pixel \geq 3 Dots



LCD Projektor

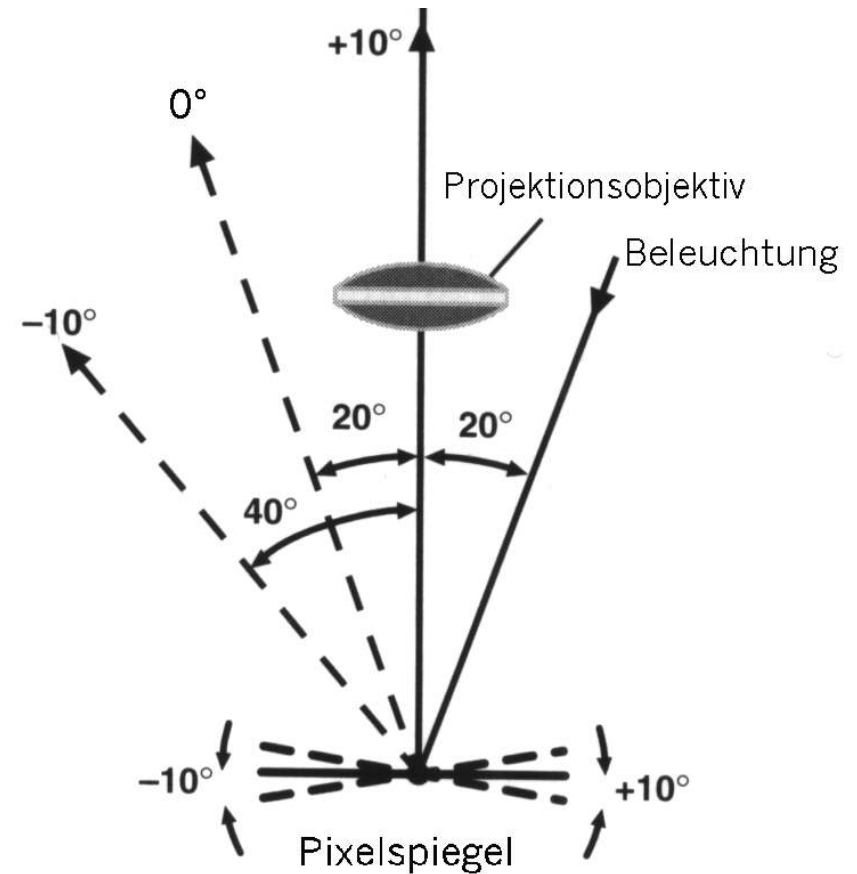
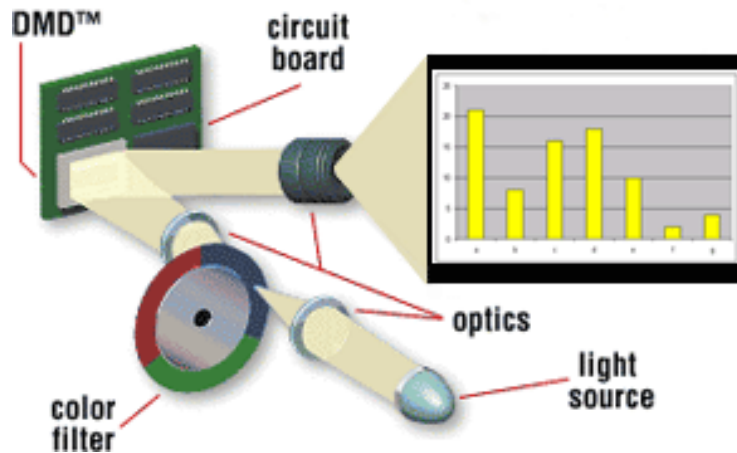
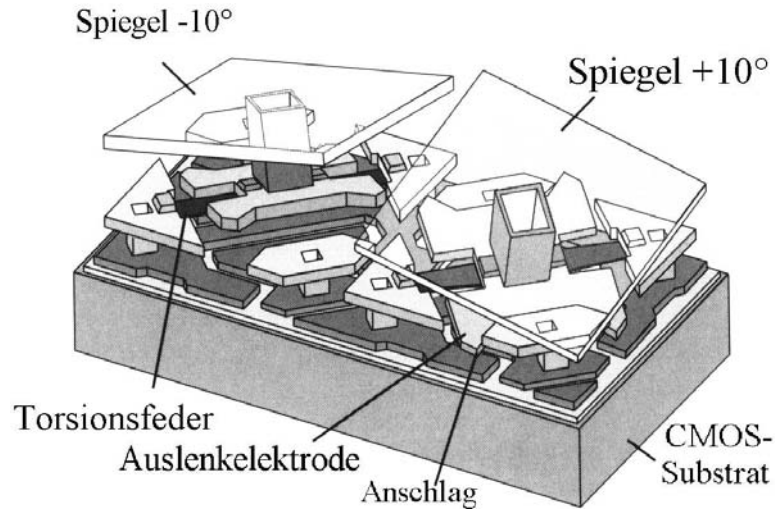


www.projektoren-datenbank.com/lcd.htm

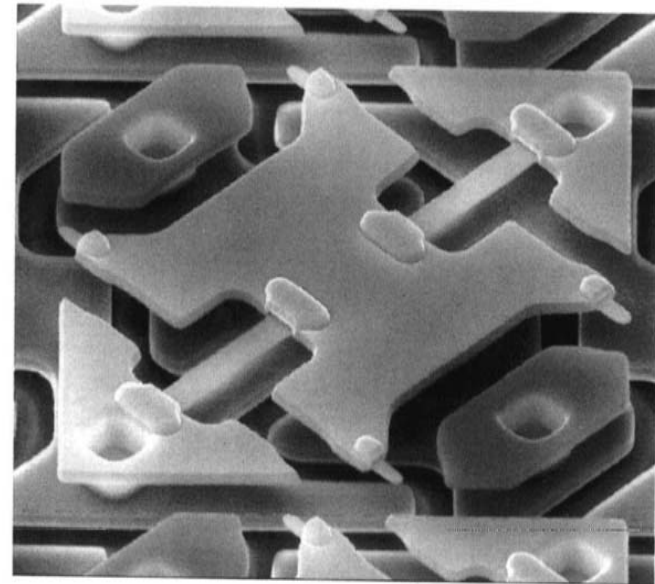
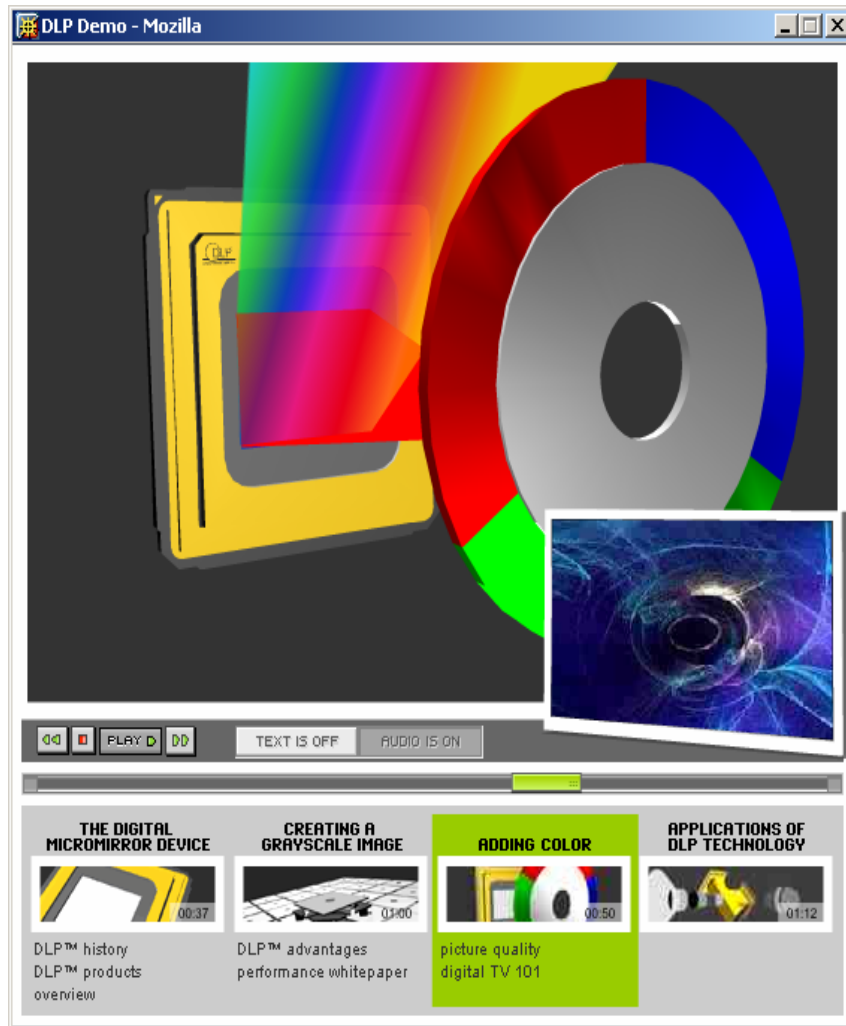


www.projectorpoint.co.uk/projectorLCDvsDLP.htm

DLP Projektor

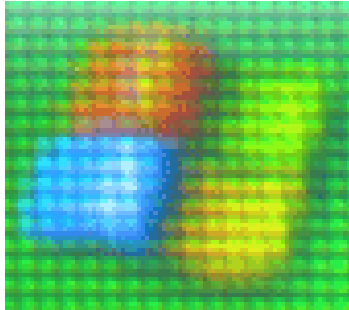


DLD Projektor (Werbefilm)

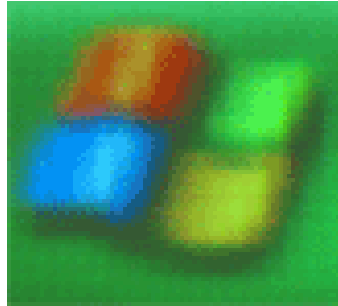


<http://www.dlp.com/>

Zeitliche vs. räumliche RGB Mischung



LCD

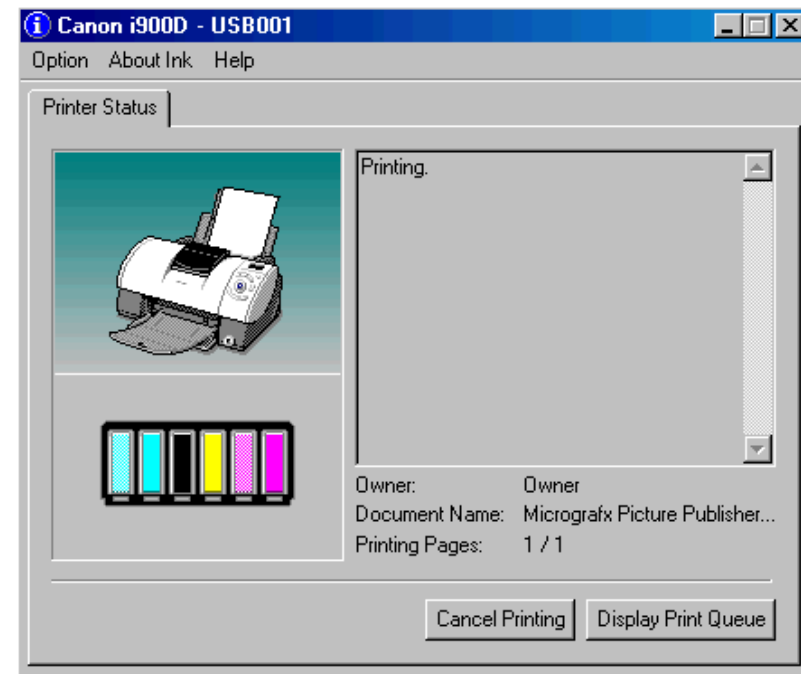
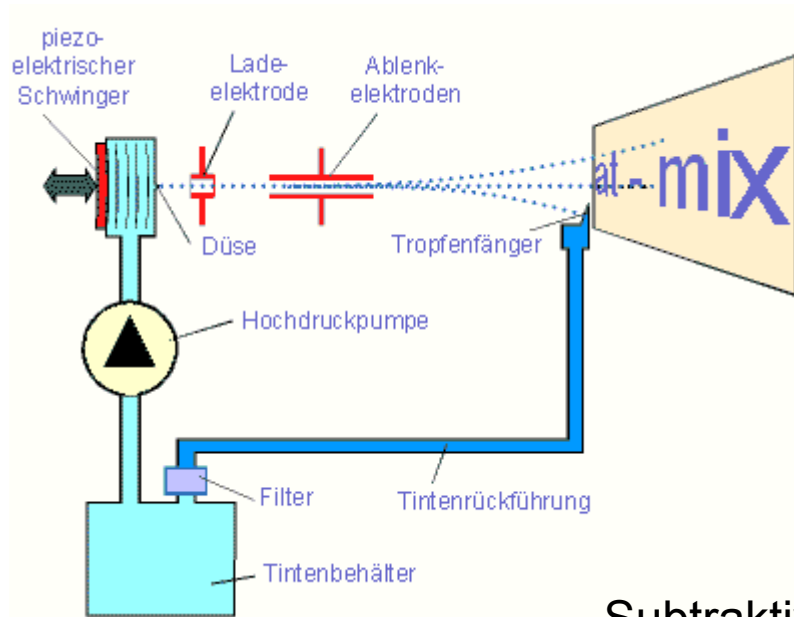


DLP

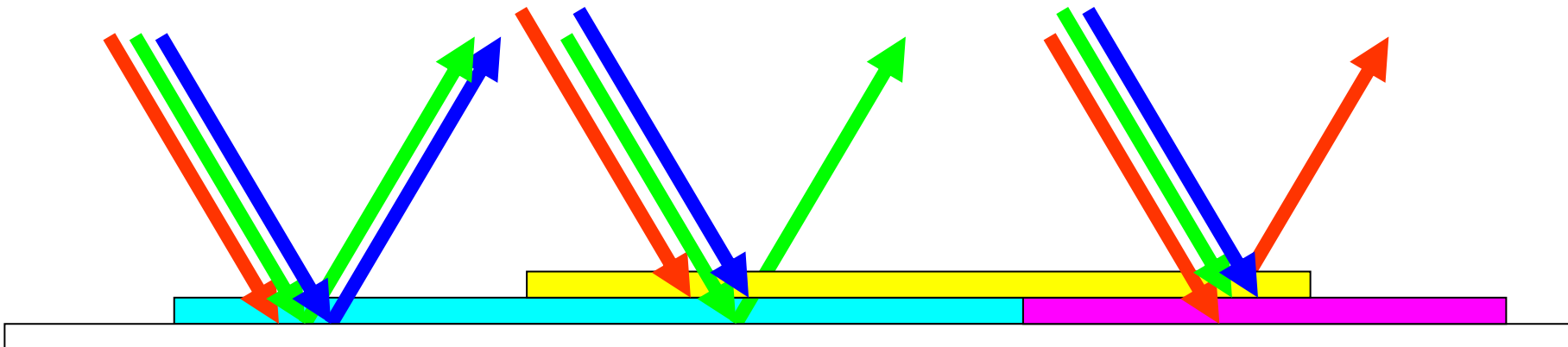
- Screendooreffekt durch Leiterbahnen beim LCD
- 1-panel LCD erzeugt R,G,B Subpixel nebeneinander
- 3-panel LCD erzeugt echte Farbmischung
- DLP erzeugt R,G,B Anteile zeitlich versetzt



Tintenstrahldrucker

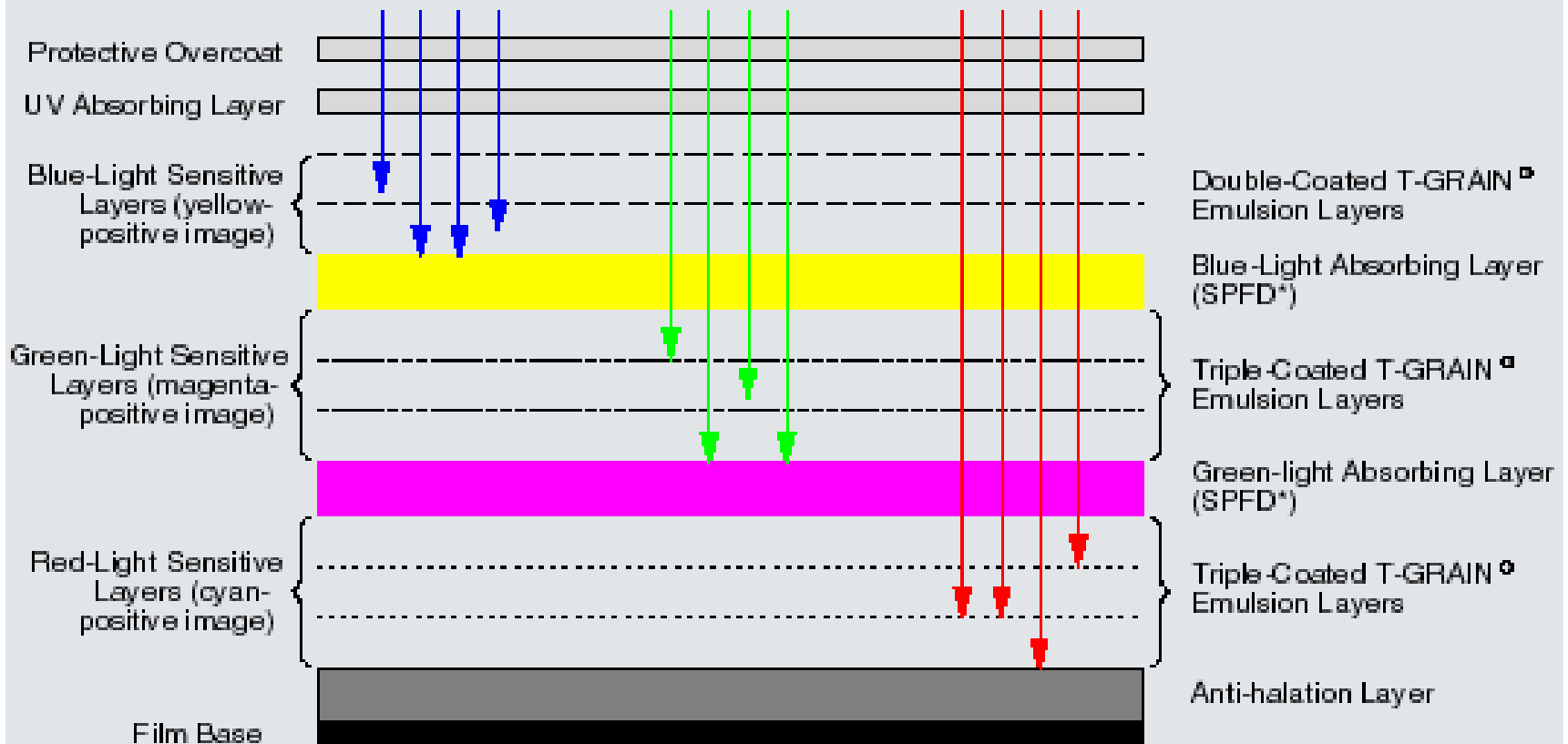


Subtraktive Mischung durch filternde Tintenschichten



Photographischer Film (Quelle: [Kodak](#))

Wavelength-Selective Light Absorption for Clean, Rich Colors



Cross Section: KODAK PROFESSIONAL EKTACHROME Films E100G/GX and E200

*Solid-Particle Filter Dye

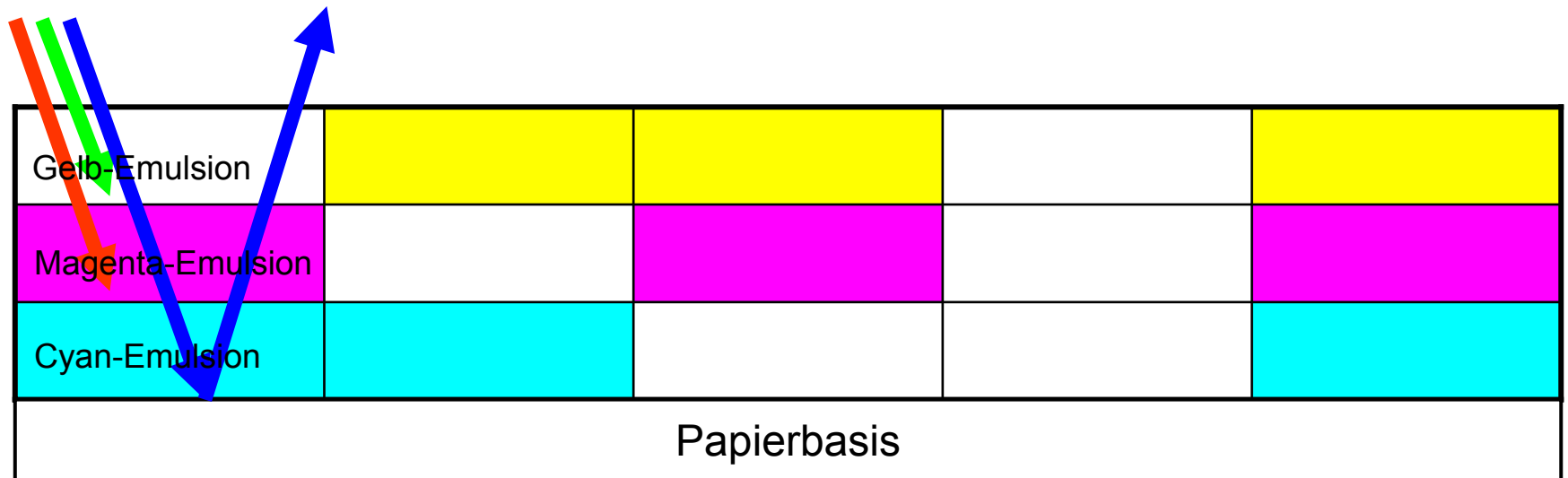
Ausbelichtung auf Photopapier



Farbe bei der Belichtung



Entstehendes Bild



Literatur

- Klaus D. Tönnies: "Grundlagen der Bildverarbeitung", ISBN 3-8273-7155-4
- Bruns/Meyer/Wegener: „Taschenbuch der Medieninformatik“, ISBN 3-446-40299-3
<http://www.informatik.htw-dresden.de/~bruns/taschenbuch/>

Schönes Wochenende!

October 11, 2005

Canon automatic smile detection system.



We all took group photos where someone was looking elsewhere, closing their eyes, or not smiling. I usually fix this by snapping a bunch of photos at five images per second, but Canon came up with a clever solution:

They have demonstrated a system that can **detect when everybody smiles**, then takes the picture. Forget about it if one of your friends is an IRS inspector...

