

Kapitel 1:

Digitale Bilder und ihre Eigenschaften

Prof. Ingrid Scholl
Bildverarbeitung WS 2018/2019

Inhalt:

1. Digitales Foto
2. Mathematisches Modell eines digitalen Bildes
3. Bildtypen
 - Farbbild, Grauwertbild, Indexbild, Binärbild
4. Farbempfindung und Farbsysteme
 - add./subtr. Farbsystem, RGB, CMY, HSV, YIQ, YIV, CIE - XYZ
5. Digitalisierung: Abtastung und Ortsauflösung
 - Aliasing, Moiré-Effekt, Shannon'sches Abtasttheorem
6. Eigenschaften digitaler Bilder

Definitionsbereich:

Ausdehnung in x- und y-Bereich und der Wellenlänge λ

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max}, \quad y_{\min} \leq y \leq y_{\max}, \quad \lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max}$$

Wertebereich: Intensität abhängig von λ

$$I_{\min} \leq I(x, y, \lambda) \leq I_{\max}$$

Wertebereiche sind beschränkt,
typischerweise mit 8 Bit $\in [0, 255]$
für $\lambda = \{\mathbf{R}ot, \mathbf{G}rün, \mathbf{B}lau\}$

Bild besteht aus Bildelementen
(**picture elements** = Pixel)



- Als rechteckige Bildmatrix I mit M Zeilen und N Spalten
- y ist der Zeilenindex (y -te Zeile)
- x ist der Spaltenindex (x -te Spalte)
- $I(x,y,\lambda)$ ist der Intensitätswert an der Position (x,y)

Modell:

- $G_\lambda = \{0, 1, \dots, g-1\}$ Wertemenge der Intensitäten
- $I(x,y,\lambda)$ Bildmatrix des Bildes
- λ Farbkanal
- $x = 1, \dots, M$ M Bildspalten
- $y = 1, \dots, N$ N Bildzeilen
- (x,y) Ortskoordinaten des Bildpunktes
- $I(x,y,\lambda) \in G_\lambda$ Intensität des Bildpunktes

Farbbild

RGB (3 Kanal-Bild)

Jede Farbe wird durch ein (rot, grün, blau)-Tripel repräsentiert.

RGB-Bild:



288 x 432 x 3
373.248 Bytes

rot

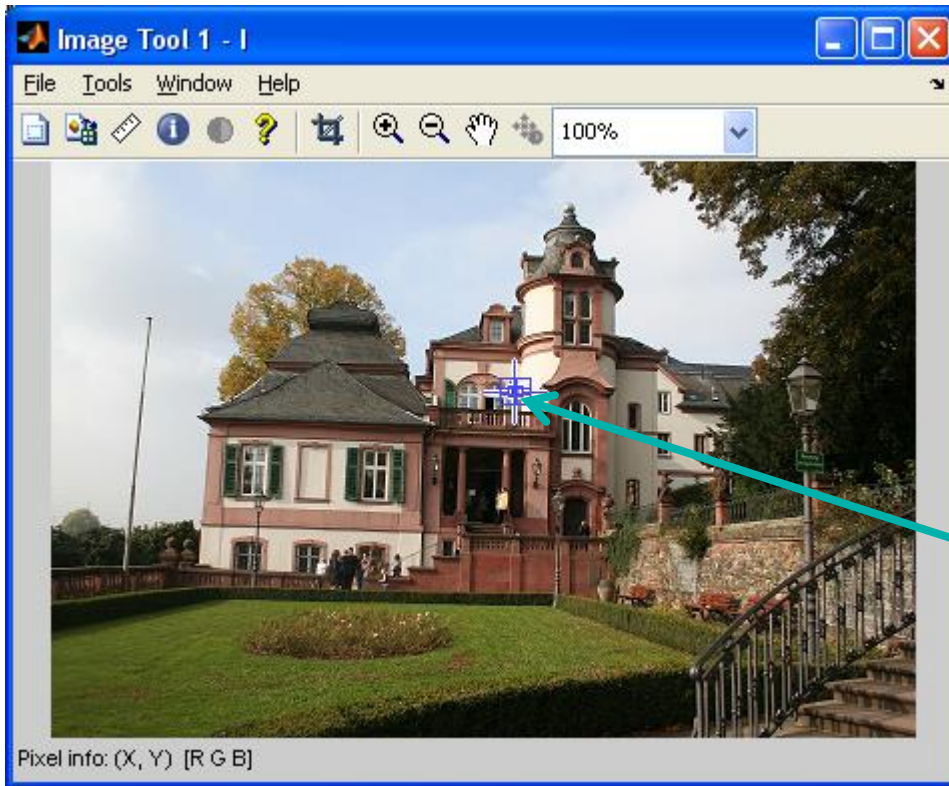


grün



blau





Pro Pixel ein RGB-Wert

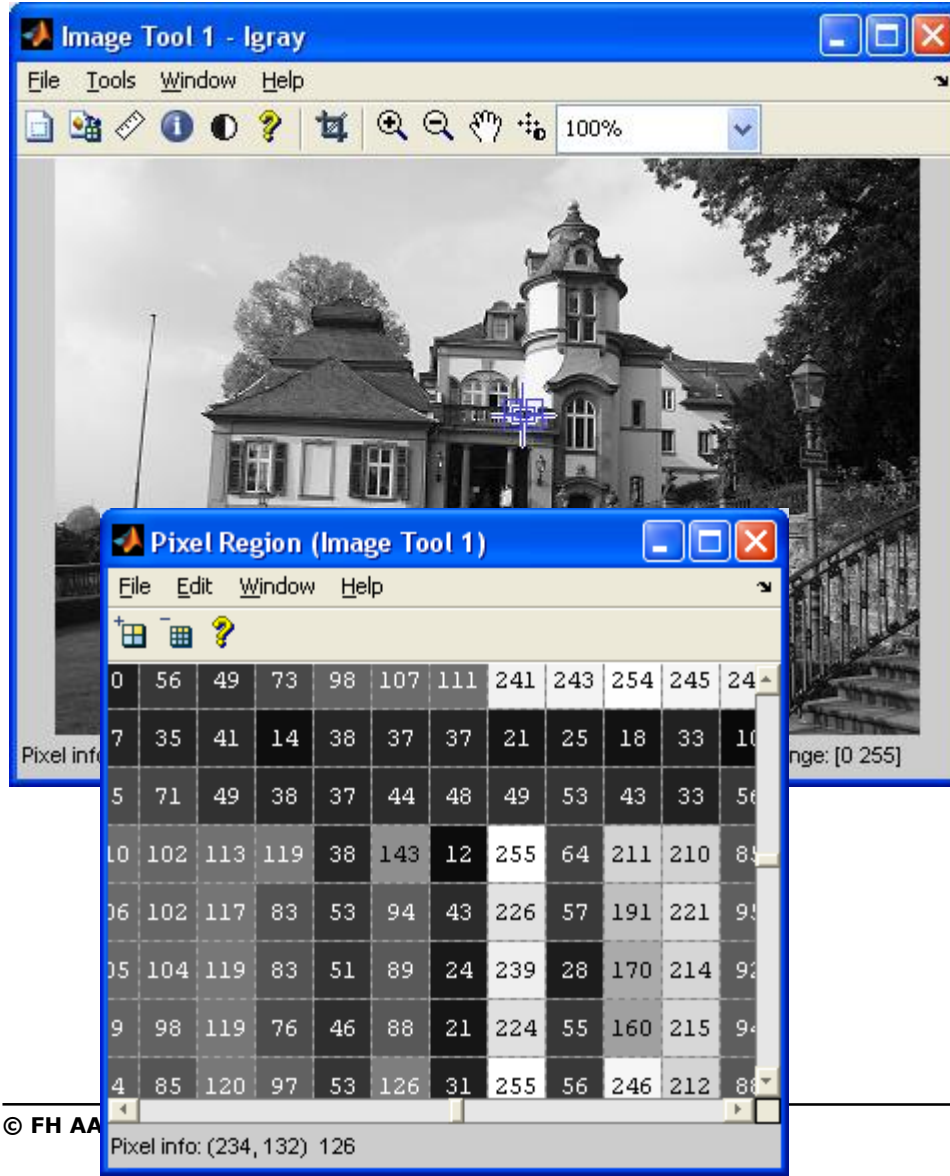
Pixel Region (Image Tool 1)

File Edit Window Help

R: 94	R: 70	R: 215	R: 217	R: 220	R: 224
G: 111	G: 78	G: 204	G: 201	G: 207	G: 204
B: 89	B: 58	B: 187	B: 176	B: 179	B: 186
R: 91	R: 63	R: 199	R: 200	R: 209	R: 197
G: 106	G: 75	G: 187	G: 183	G: 192	G: 185
B: 81	B: 56	B: 166	B: 161	B: 167	B: 162
R: 153	R: 62	R: 160	R: 159	R: 154	R: 142
G: 167	G: 70	G: 148	G: 141	G: 146	G: 137
B: 136	B: 47	B: 126	B: 124	B: 126	B: 118
R: 143	R: 66	R: 162	R: 154	R: 151	R: 131
G: 147	G: 67	G: 146	G: 141	G: 140	G: 124
B: 120	B: 47	B: 122	B: 118	B: 121	B: 106

Pixel info: (X, Y) Pixel Value

Grauwertbilder (1-Kanal-Bilder)

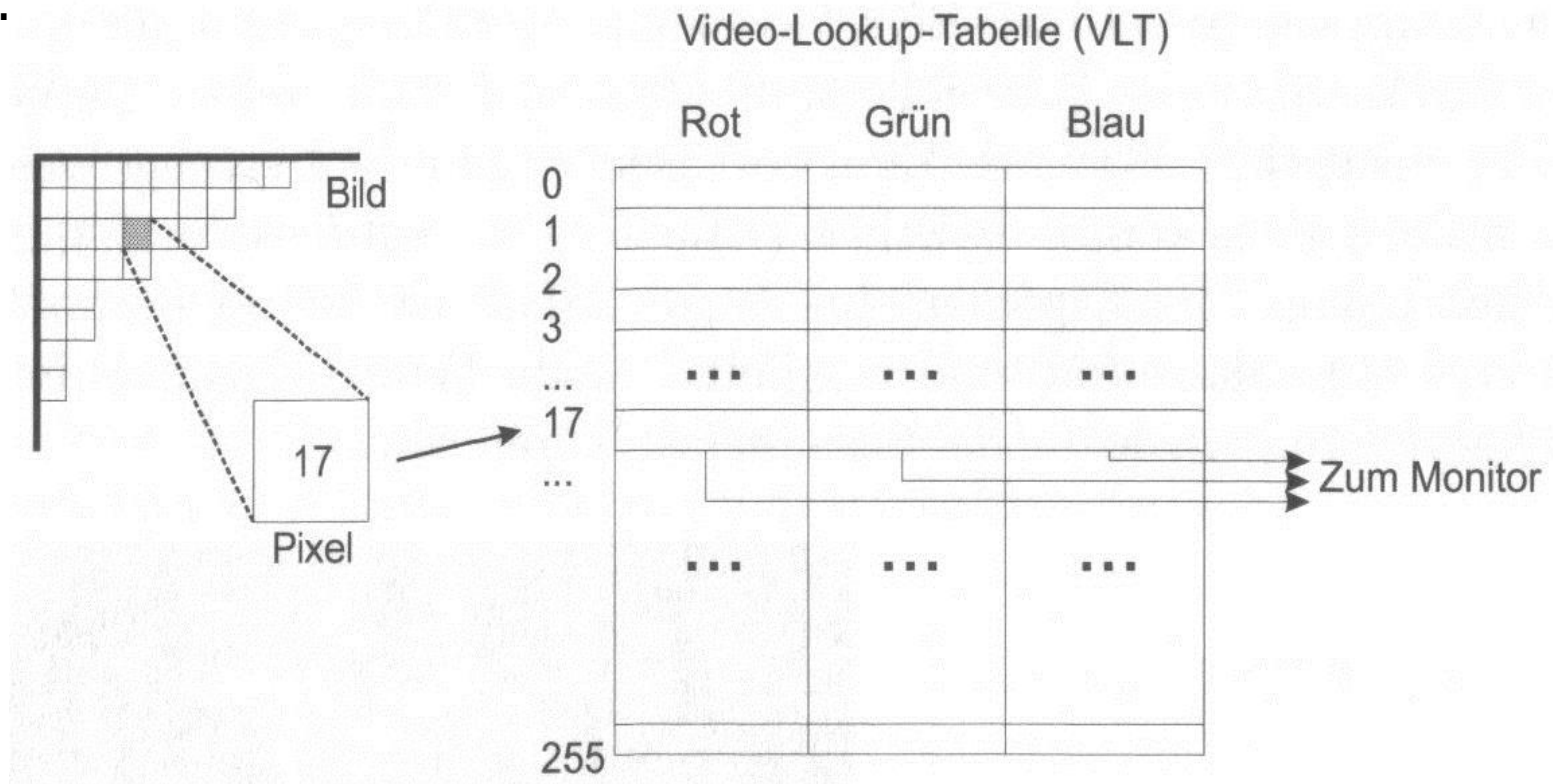


- Funktionswert = Intensität des Signals über einen bestimmten Wellenlängenbereich (meist aus dem sichtbaren Bereich)
- Methoden der BV meist für Grauwertbilder entwickelt
- Bei Mehr-Kanal-Bildern kanalunabhängige Anwendung der Methoden
- i.d.Regel sind die Grauwerte $g \in \{0, 1, \dots, 255\}$, somit wird pro Grauwert 1 Byte benötigt, bei CT-Röntgenbildern kann $g_{\max} = 4096 = 2^{12}$ sein

Indexbilder mit Video Lookup Tabelle (VLT) als Hash-Tabelle

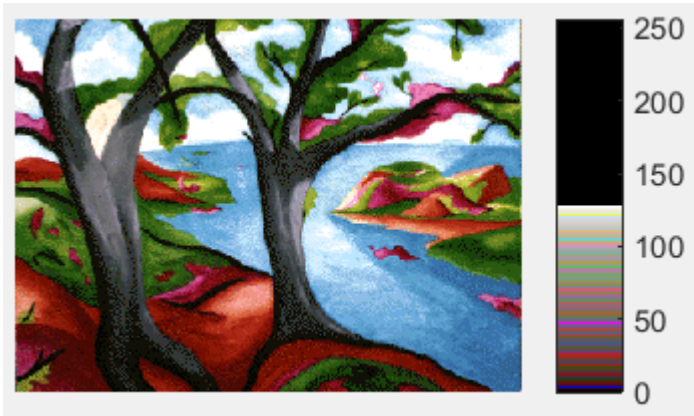
Beispiel:

Die RGB- Farbintensität eines Pixels mit Grauwert 17 wird aus der Farbtabelle (VLT) mit dem Index 17 repräsentiert. Vorteil: Speicherplatzersparnis. Die dazugehörigen Bilder nennt man Indexbilder.



Indexbild X - Beispiel

```
>> figure, imshow(X,map);
```



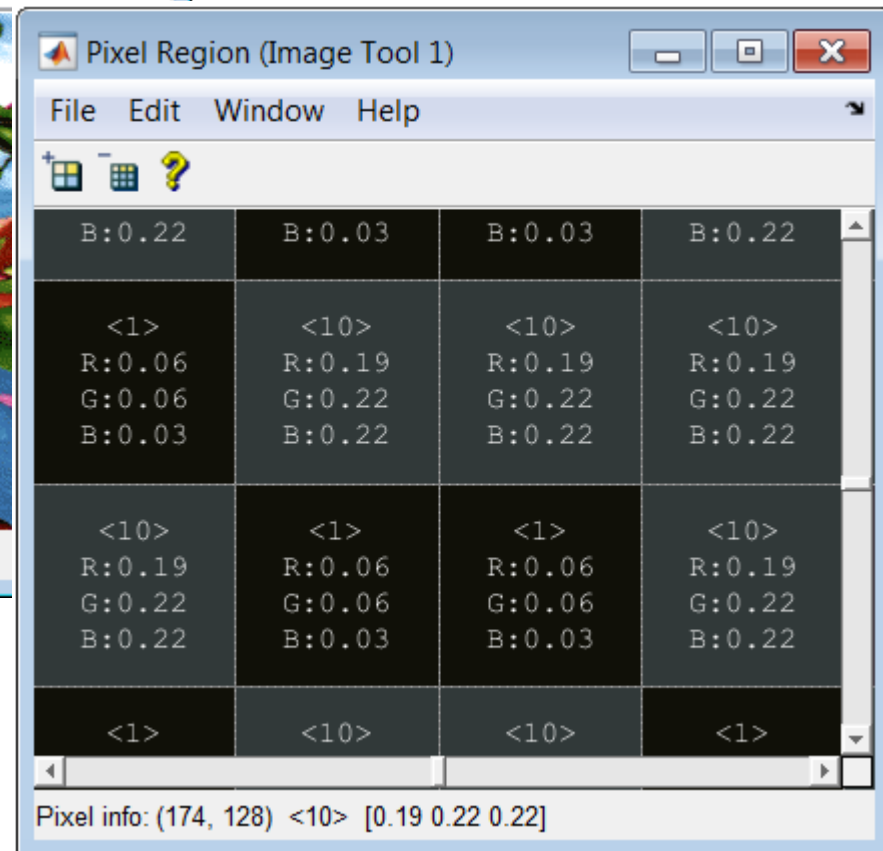
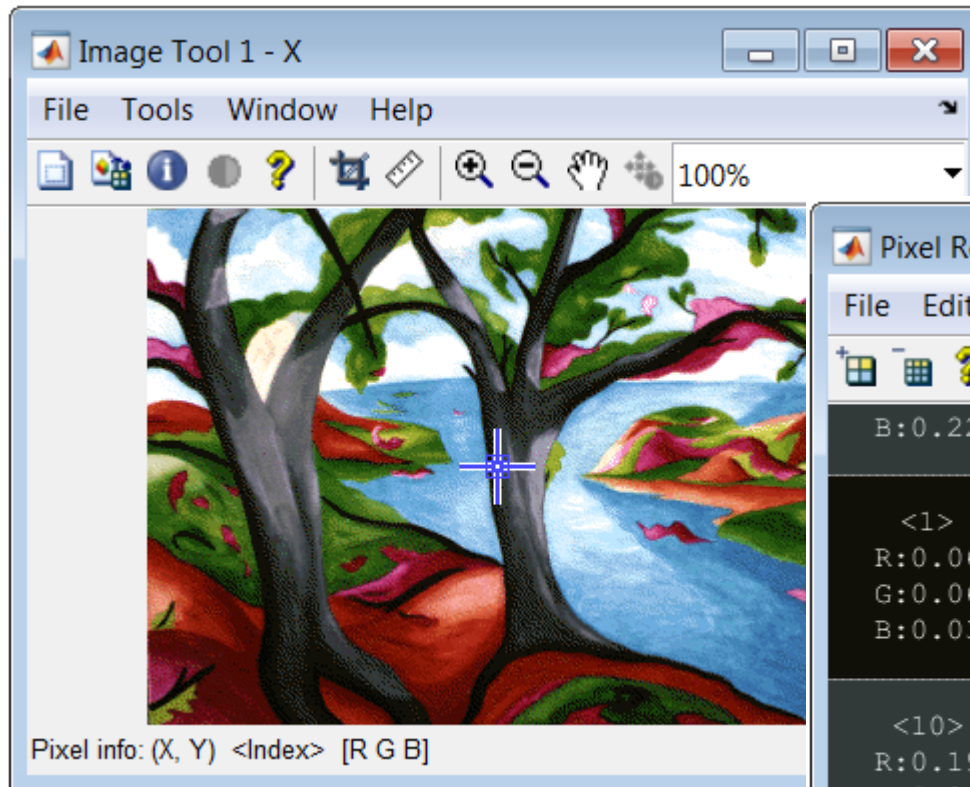
```
>> figure, imshow(X);
```



map =

0	0	0
0.0627	0.0627	0.0314
0.2902	0.0314	0
0	0	1.0000
0.2902	0.0627	0.0627
0.3882	0.0314	0.0941
0.4510	0.0627	0
0.2588	0.1608	0.0627
0.0941	0.2588	0.0314
...

Indexbild X – Pixel region



Schwarz/Weiß-Bilder - Binärbilder

Schwellwert T festlegen, geg. Bildmatrix $I(x,y)$:

$I(x,y) \geq T$, dann erhält $I(x,y) = 1$ (weiß)

$I(x,y) < T$, dann erhält $I(x,y) = 0$ (schwarz)

Grauwertmenge reduziert sich auf $G = \{0,1\}$, 1 Bit/Pixel

Anzeige meist mit den Grauwerten 0 und 255



RGB



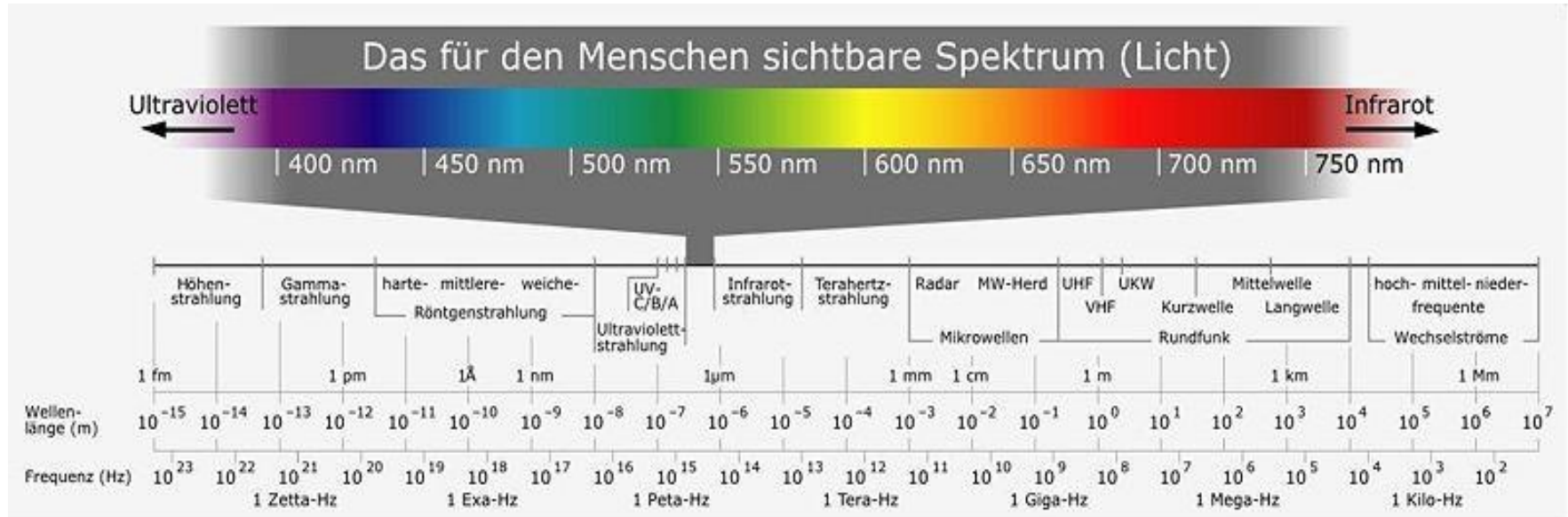
Grauwertbild



Binärbild

Farbempfindung

Welche Wellenlängen sind für uns sichtbar?

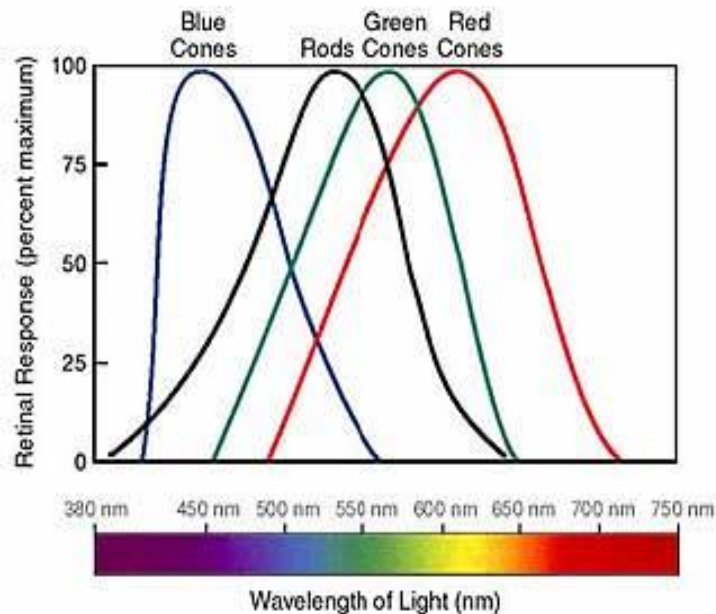


- Farbe wird durch Licht erzeugt
- Licht ist eine elektromagnetische Welle

$$c = \lambda \cdot f$$

Lichtgeschwindigkeit = Wellenlänge · Frequenz

Trifft Licht mit einer bestimmten Wellenlänge (monochromatisches Licht) auf das Auge, so wird eine Farbempfindung hervorgerufen.



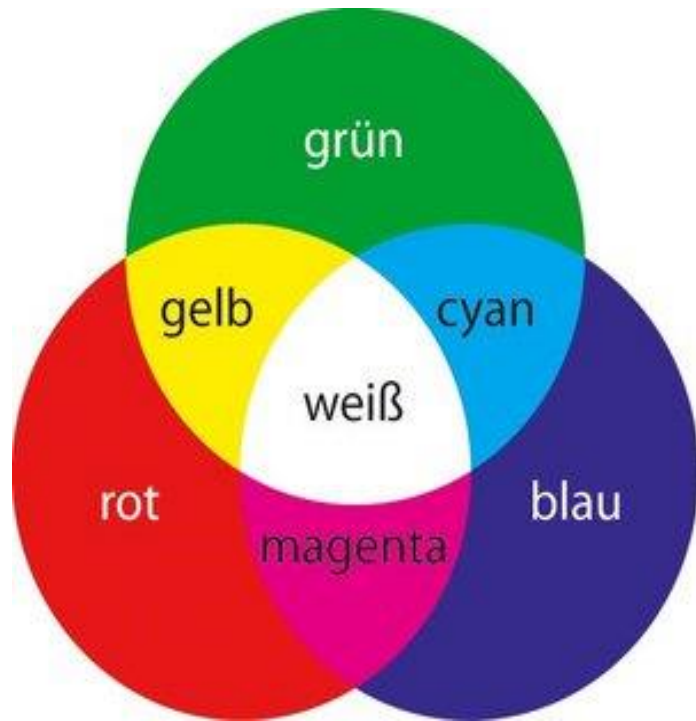
*„Farbe ... ist ein durch das Auge
vermittelter Sinneseindruck,
also eine Gesichtsempfindung.“*

Die relative spektrale Empfindlichkeit für alle vier Arten von Photorezeptoren auf der Netzhaut des menschlichen Auges.

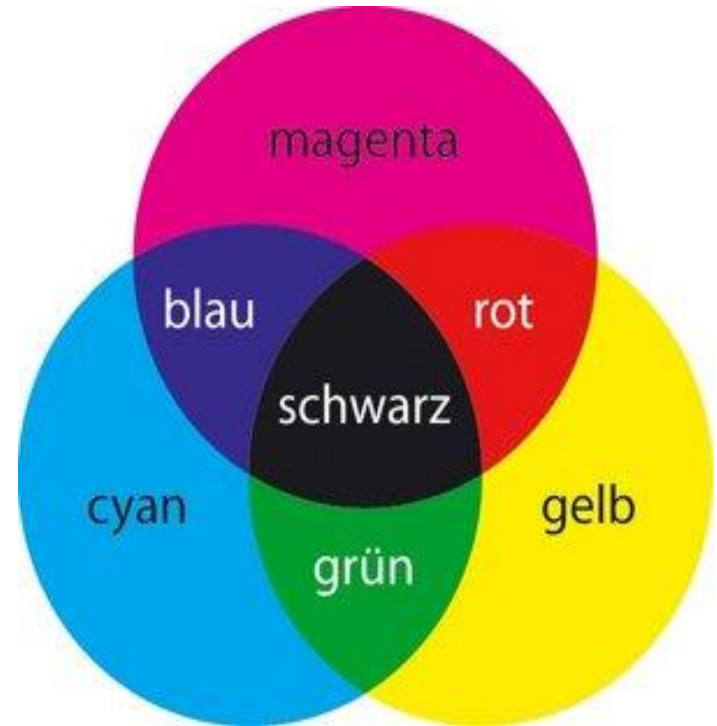
Farbsysteme:

Additives und subtraktives Farbsystem,
RGB, CMY, HSV, YIQ, YIV
CIE - XYZ

Additives und subtraktives Farbmodell

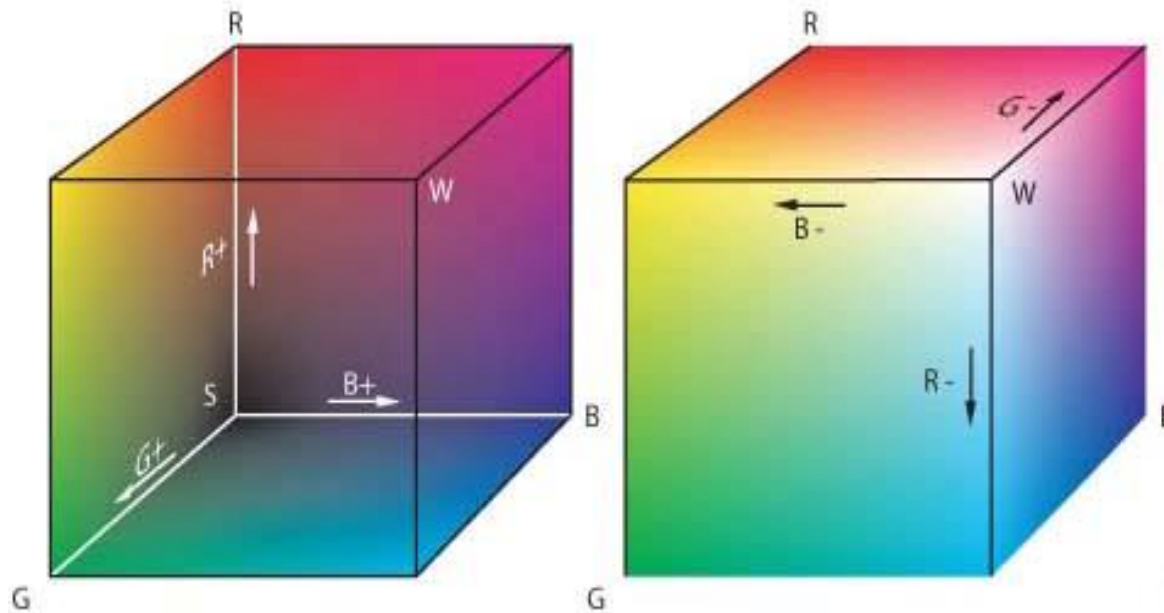


Additives Farbsystem
Monitore



Subtraktives Farbsystem
Drucktechnik

- 3 Farbwerte Rot, Grün und Blau
- Additives Farbsystem
- Nicht wahrnehmungsangepaßt
- Ungeeignet zur Farbmessung oder Farbverschiebung



- Einfachste Form:
(*schlecht, da es nicht der Farbempfindung entspricht*)

$$y = \frac{R + G + B}{3}$$

- Subjektive Wahrnehmung von Rot oder Grün ist wesentlich höher als von der Farbe blau, daher gewichtete Summe für die Helligkeit Y (Luminanz):

$$Y = w_R \cdot R + w_G \cdot G + w_B \cdot B$$

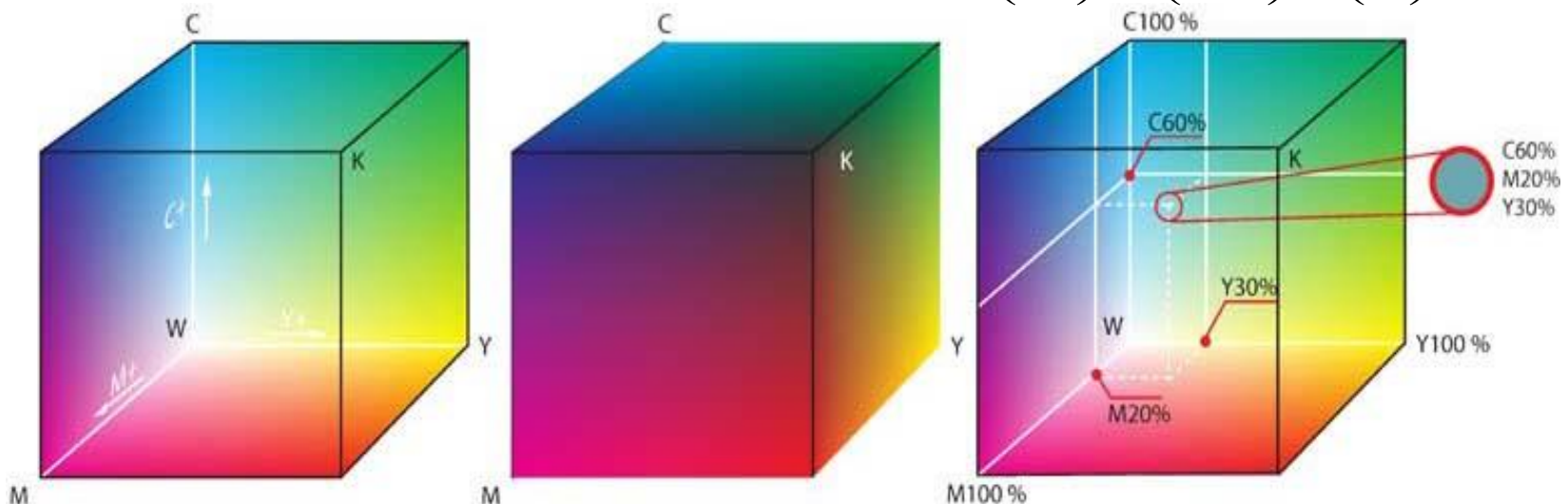
Codierung für NTSC TV-Farbsignale (s. YIQ-Farbraum):

$$w_R = 0.2999 \quad w_G = 0.587 \quad w_B = 0.114$$

$$Y = 0.2999 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$$

- Subtraktives Farbsystem
- Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb (yellow)
- Gegenüberliegende Ecken im Würfel sind die Komplementärfarben Rot, Grün und Blau

Verwendung in der Drucktechnik



Beispiel: bei 8 Bit Farbtiefe

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Auswahl einiger Farbsysteme

Gerätespezifische Farbsysteme:

- YIQ – Helligkeit Y, Farbton I, Sättigung Q (NTSC)
- YUV – Helligkeit Y, Farbton U, Farbton V (PAL)
- YC_bC_r – Helligkeit Y, Unterschied zwischen Blau- und einem Referenzwert (C_b) und Unterschied zwischen Rot- und einem Referenzwert (C_r) (Digitales Video)

Geräteunabhängige Farbsysteme:

- XYZ – standardisierter CIE Farbraum
- HSV – wahrnehmungsangepaßtes Farbmodell
- Lab – verwendet die CIE Spezifikation und skaliert die Helligkeit mehr wahrnehmungsangepaßt

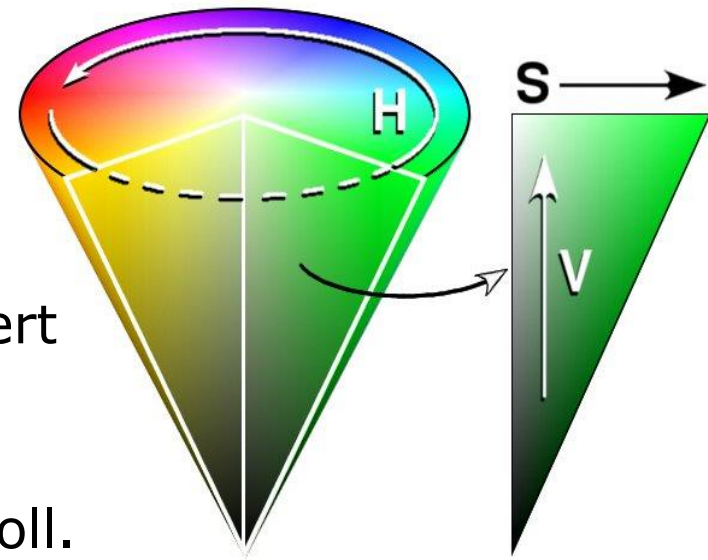
Matlab: makecform und applycform

HSV - Farbmodell

H = Hue (Farbton) als Winkelmaß
S = Saturation (Sättigung)
V = Value (Intensität, Helligkeit)

Geeignet für BV-Aufgaben:

- bei denen der Farbton analysiert werden soll (H-Wert).
- bei denen die Helligkeit farberhaltend angepasst werden soll.

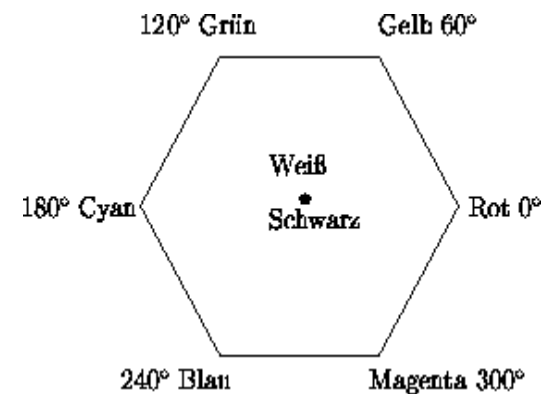
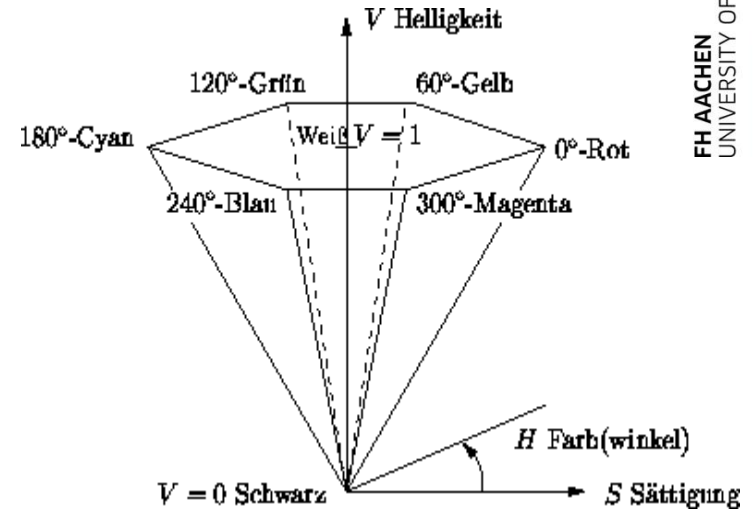


Darstellung von HSV als
Zylinderkoordinaten

Umrechnung RGB nach HSV

Achse V entspricht der Diagonalen des RGB-Würfels: $V = \max\{r, g, b\}$

Die Werte H und S können aus der Position des Punktes in jenem Sechseck berechnet werden, das durch Projektion des kleinsten, den RGB -Punkt beinhaltenden Würfels erzeugt wird.



Umrechnung: RGB - HSV

RGB to HSV (Foley and VanDam)

```
max = maximum of rgb
min = minimum of rgb
V = max
S = (max - min) / max
if S = 0, H is undefined,
else delta = max-min
if R = max, H = (g-b)/delta
if G = max, H = 2 + (b-r)/delta
if B = max, H = 4 + (r-g)/delta
H = H*60
if H < 0, H = H + 360
```

$r, g, b \in [0;1]$ normiert

HSV to RGB (Foley and VanDam)

```
if S = 0 and H = undefined,
    R = G = B = V
if H = 360, H = 0
H = H / 60
i = floor(H)
f = H - i
p = V*(1-S)
q = V*(1-(S*f))
t = V*(1 - (S * (1-f)))
if i = 0, R = v, G = t, B = p
if i = 1, R = q, G = v, B = p
if i = 2, R = p, G = v, B = t
if i = 3, R = p, G = q, B = v
if i = 4, R = t, G = p, B = v
if i = 5, R = v, G = p, B = q
where floor is the C floor
function.
```

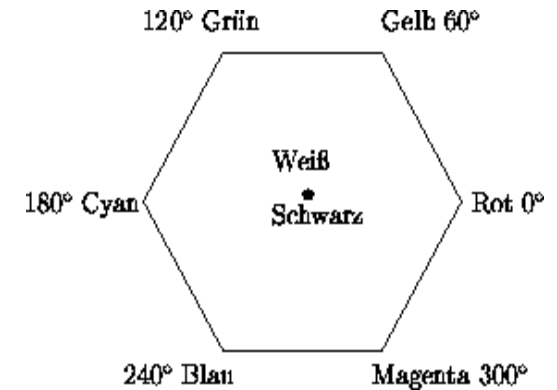
Beispiel: Umrechnung von *RGB* nach *HSV*

Welche *HSV* -Darstellung haben die *RGB* - Werte (64, 128, 32) ?

Im *RGB* -Einheitswürfel entspricht dies

$$\left(\frac{64}{255}, \frac{128}{255}, \frac{32}{255} \right) = (0.251, 0.5020, 0.1255)$$

Farbe im Bereich Gelb ... Grün



Beispiel: Umrechnung von *RGB* nach *HSV*

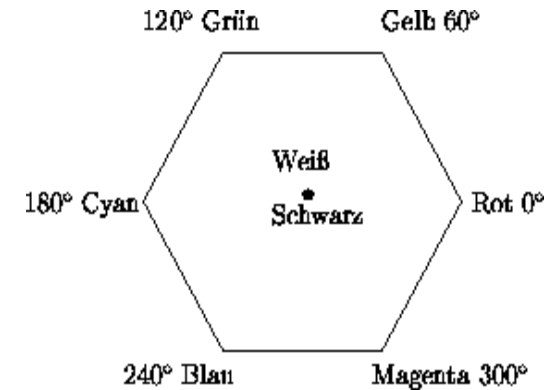
Welche *HSV* -Darstellung haben die *RGB* - Werte (64, 128, 32) ?

Im *RGB* -Einheitswürfel entspricht dies

$$\left(\frac{64}{255}, \frac{128}{255}, \frac{32}{255} \right) = (0.251, 0.5020, 0.1255)$$

Farbe im Bereich Gelb ... Grün

$h = 60^\circ$ bis 120°



$$V = \max\{r, g, b\} = 0.5020$$

$$S = (V - \min\{r, g, b\}) / V = (0.5020 - 0.1255) / 0.5020 = 0.75$$

$$\text{delta} = \max - \min = 0.5020 - 0.1255 = 0.3765$$

$$H = 2 + (b - r) / \text{delta} = 2 + (0.1255 - 0.251) / 0.3765 = 1,6667$$

$$H = H \cdot 60 = 100$$

- Verwendet von NTSC Farbfernsehsystemen (USA)
- Geeignet zur Umwandlung in ein Grauwertbild (Y-Kanal)
- RGB - YIQ Farbtransformation für eine spezif. NTSC-Version:

$$R, G, B, Y \in [0, 1], \quad I \in [-0.5957, 0.5957], \quad Q \in [-0.5226, 0.5226]$$

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & 1.7046 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix}$$

- Verwendet von PAL Farbfernsehsystemen
- Geeignet zur Umwandlung in ein Grauwertbild (identisch zu Y-Kanal vom YIQ-Farbbild)
- RGB – YUV Farbtransformation:

$$R, G, B, Y \in [0, 1], \quad U \in [-0.436, 0.436], \quad V \in [-0.615, 0.615]$$

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.14713 & -0.28886 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.13983 \\ 1 & -0.39465 & -0.58060 \\ 1 & 2.03211 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix}$$

$$WR = 0.299$$

$$WB = 0.114$$

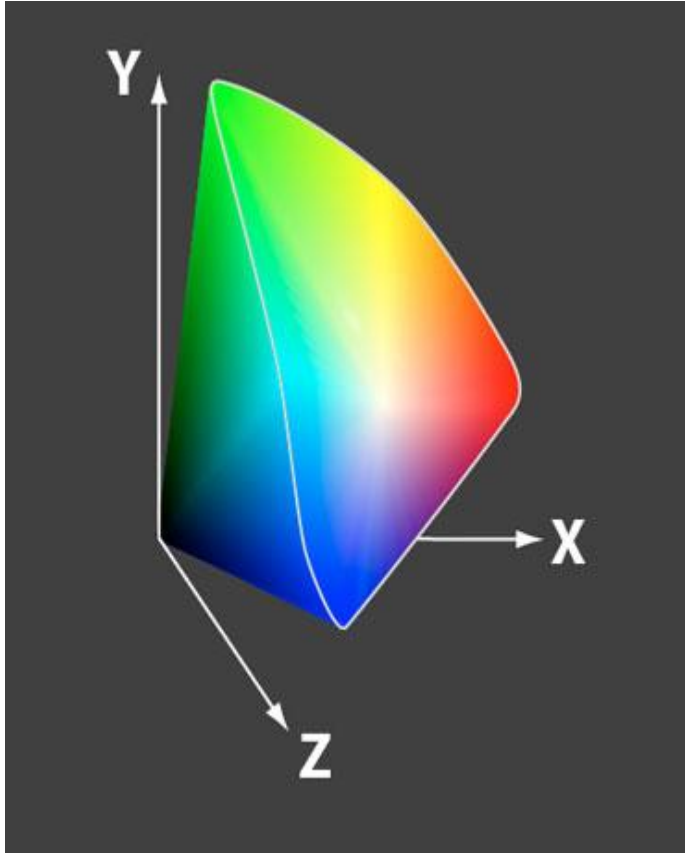
$$WG = 1 - WR - WB = 0.587$$

$$Y = WR \cdot R + WG \cdot G + WB \cdot B$$

$$U = 0.436 \cdot (B - Y) / (1 - WB)$$

$$V = 0.615 \cdot (R - Y) / (1 - WR)$$

Standardisierte XYZ-Farbsystem (CIE)

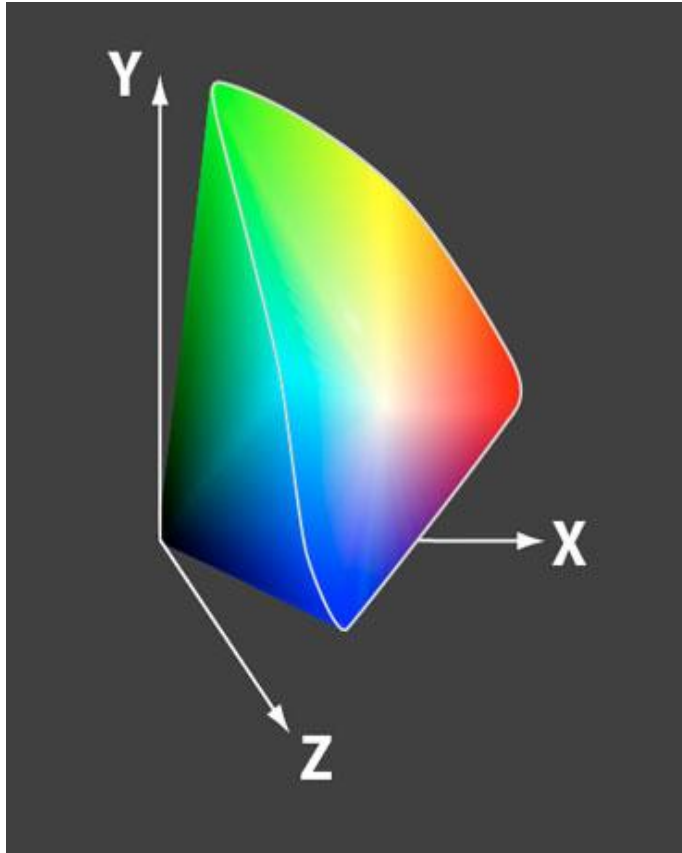


Basiert auf 3 imaginären Primärkomponenten X , Y , Z , die so gewählt wurden, dass alle sichtbaren Farben mit nur positiven Komponenten beschrieben werden können.

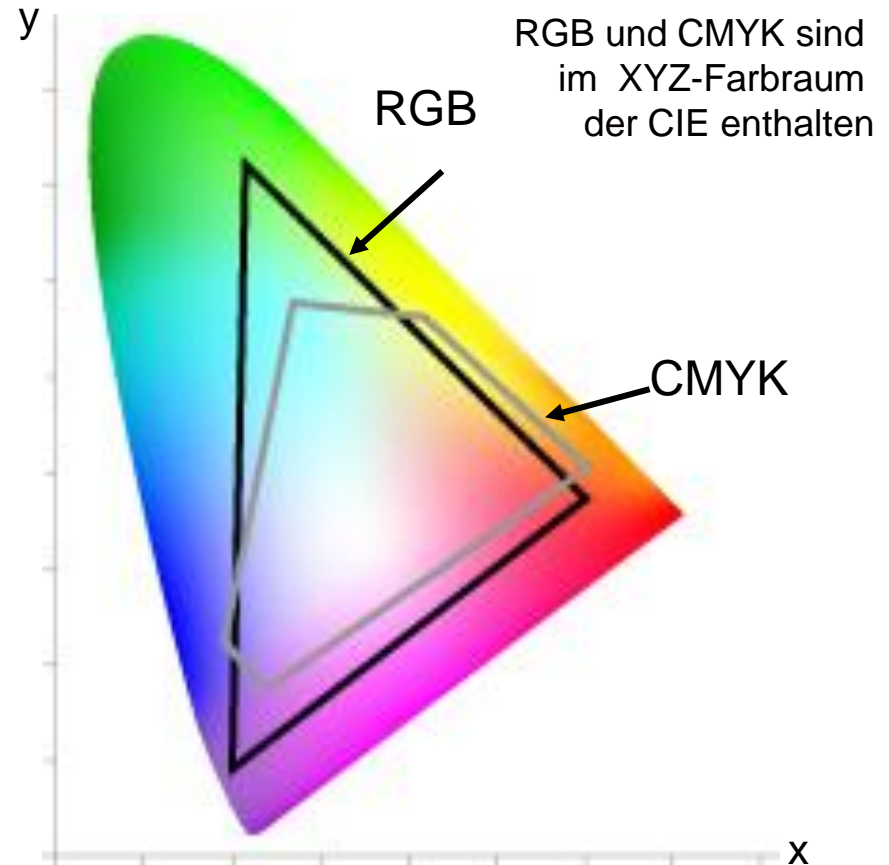
Die sichtbaren Farben liegen in einer 3D-Region (Form eines Zuckerhutes oder Hufeisens), wobei nicht alle (X, Y, Z) -Komponenten technisch realisierbar sind.

Der RGB-Farbwürfel wird verzerrt im XYZ-Farbraum dargestellt.

CIE XYZ – RGB – CMYK - Vergleich



Projektion auf eine Ebene
liefert die Form eines Hufeisens



Normierung auf gleiche Helligkeit
liefert die xy-Ebene

CIE-Normfarbtafel

1931 von der CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) definiert

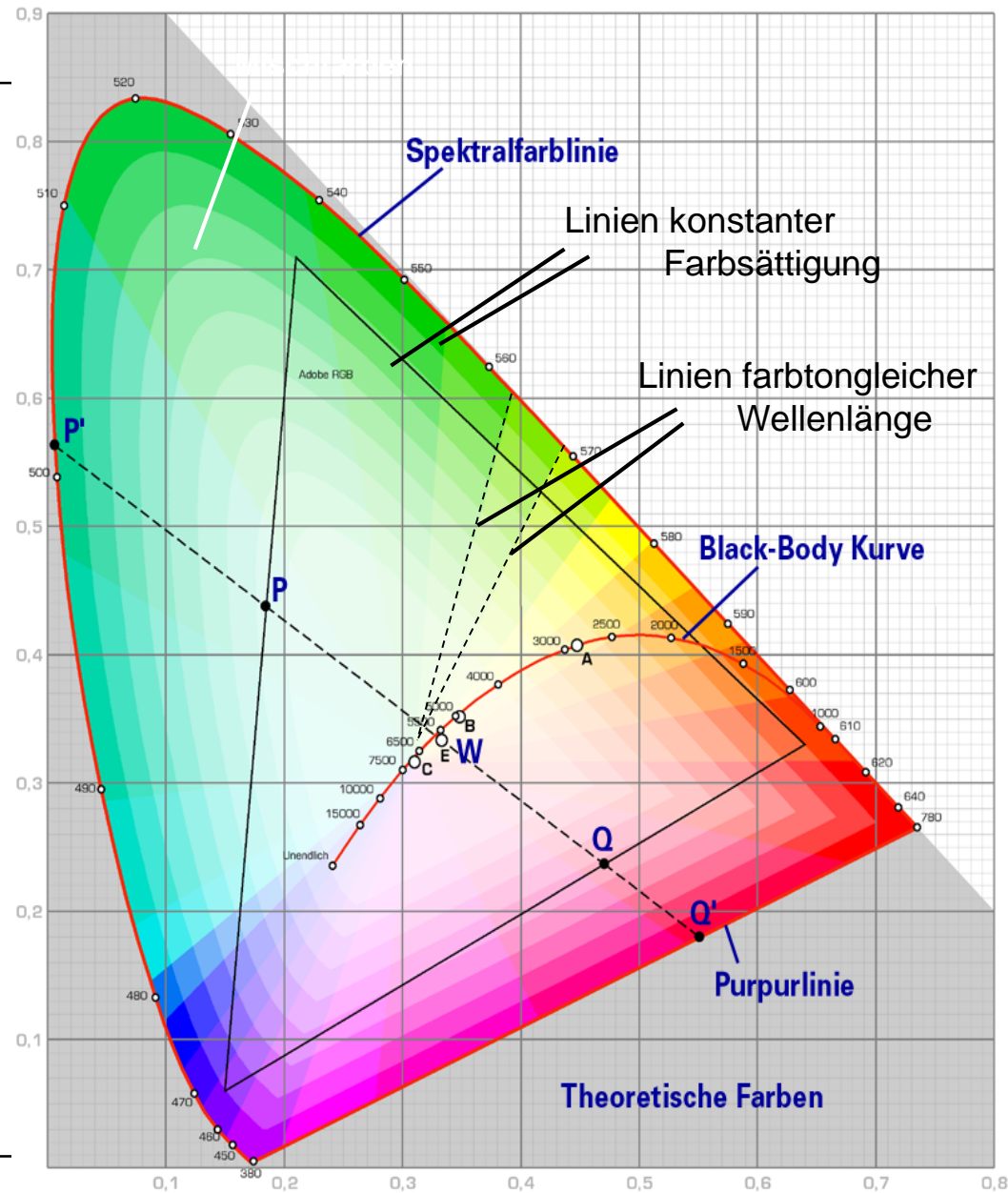
Internationaler, geräteunabhängiger Standard zur Farbspezifikation mit einem universellen Farbraum

Künstliche X, Y, Z Primärfarben zur additiven Darstellung aller Farben

Jeder Punkt des Diagramms repräsentiert eine Farbe

Alle Farben auf der Strecke zwischen 2 Farbpunkten durch Mischen der Farben der Endpunkte

Alle Punkte innerhalb eines Dreiecks durch Mischen der Farben der Eckpunkte



Standardisierte XYZ-Farbsystem (CIE)

Y ist die Helligkeit, X und Z die Farbtöne

X, Y, Z gegeben:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$
$$x + y + z = 1$$

Im CIE-Diagramm werden die (x,y)-Werte angezeigt, da:

$$z = 1 - x - y$$

Berechnung der X,Y,Z-Primärfarben, wenn eine Farbe im (x,y)-Diagramm ausgewählt wurde und die Helligkeit Y gegeben ist:

$$X = x \cdot \frac{Y}{y} \quad \text{und} \quad Z = z \cdot \frac{Y}{y}$$

Absoluter Neutralpunkt (Weißpunkt): $x = y = \frac{1}{3} \quad (X = Y = Z = 1)$

CIE Normbeleuchtung - Weißpunkte

Dxx	Temp.	X_w	Y_w	Z_w	x	y
D50	5000° K	0.96429	1.00000	0.82510	0.3457	0.3585
D65	6500° K	0.95045	1.00000	1.08905	0.3127	0.3290
N	-	1.00000	1.00000	1.00000	1/3	1/3

D50:

Farbtemperatur ca. 5000°K (Glühlampenbeleuchtung),
Referenzbeleuchtung von reflektierenden Bildern
(gedruckte Fotos)

D65:

Farbtemperatur ca. 6500°K (Tageslichtbeleuchtung),
Normweißlicht für emittierende Ausgabegeräte (Bildschirme)

RGB Working Space	Reference White	RGB to XYZ [M]	XYZ to RGB [M] ⁻¹
BestRGB	D50	0.632670 0.228457 0.000000 0.204556 0.737352 0.00951424 0.126995 0.0341908 0.815696	1.75526 -0.544134 0.00634681 -0.483679 1.50688 -0.0175762 -0.253000 0.0215528 1.22570
CIE	E=N	0.488718 0.176204 0.000000 0.310680 0.812985 0.0102048 0.200602 0.0108109 0.989795	2.37067 -0.513885 0.00529818 -0.900040 1.42530 -0.0146949 -0.470634 0.0885814 1.00940
NTSC	C	0.606734 0.298839 0.000000 0.173564 0.586811 0.0661196 0.200112 0.114350 1.11491	1.91049 -0.984310 0.0583744 -0.532592 1.99845 -0.118518 -0.288284 -0.0282980 0.898611
PAL / SECAM	D65	0.430587 0.222021 0.0201837 0.341545 0.706645 0.129551 0.178336 0.0713342 0.939234	3.06313 -0.969258 0.0678674 -1.39328 1.87599 -0.228821 -0.475788 0.0415557 1.06919
sRGB	D65	0.412424 0.212656 0.0193324 0.357579 0.715158 0.119193 0.180464 0.0721856 0.950444	3.24071 -0.969258 0.0556352 -1.53726 1.87599 -0.203996 -0.498571 0.0415557 1.05707
WideGamut	D50	0.716105 0.258187 0.000000 0.100930 0.724938 0.0517813 0.147186 0.0168748 0.773429	1.46281 -0.521793 0.0349342 -0.184062 1.44724 -0.0968931 -0.274361 0.0677228 1.28841

- Helligkeit L^*
- Farbwert $a^* = r-g$
- Farbwert $b^* = g-b$
- Trennt am besten die Helligkeit L von den Farbwerten a, b
- Wahrnehmungsangepasst
- uniforme Farbabstände
- geräteunabhängige Farbbearbeitung möglich

$$L^* = 116 \cdot h\left(\frac{Y}{Y_w}\right) - 16$$

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

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

$$h(q) = \begin{cases} \sqrt[3]{q} & \text{mit } q > 0.008856 \\ 7.78q + 16/116 & \text{mit } q \leq 0.008856 \end{cases}$$

Nachteil:
aufwendige
Transformation!

Bildeigenschaften:

- Diskretisierung,
- Orts- und Farbauflösung,
- Quantisierung,
- Mehr-Kanalbild,
- Pseudofarben (Look up table),
- Grauwertbild,
- Binärbild
- Abtastfehler (Aliasing)
- Pixelnachbarschaften

- Ortsauflösung: Zerlegung des Ortsbereiches (x, y)

Abbildung auf $M \times N$ Bildelementen (m, n) mit

$$m = \left\lfloor M \cdot \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \right\rfloor \text{ und } n = \left\lfloor N \cdot \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \right\rfloor$$

mit

$$x_{\min} \leq x < x_{\max}, y_{\min} \leq y < y_{\max}$$

Die Ortsauflösung des Bildes wird durch die Anzahl der Pixel je Zeile bzw. Spalte bestimmt

Zerlegung des Spektralbereiches λ
in drei Spektralkanäle (rot, grün und blau):

$$0 \leq I_{rot}(m, n), I_{grün}(m, n), I_{blau}(m, n) \leq I_{\max}$$

Die Anzahl der unterschiedlichen Werte bestimmt die
Kontrastauflösung.

Die **Quantisierung** ist die Begrenzung auf z.Bsp. 256 Werte
mit $I_{\lambda} \in [0, 255]$ bei 8 Bit

Ortsauflösung – Anzahl der Pixel



Farbauflösung – Anzahl der Farben



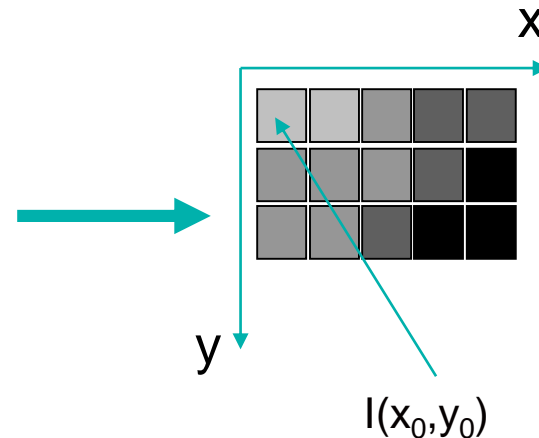
Fehler 1. Art: Abtastungsfehler - Aliasing

Fehler 2. Art: Quantisierungsfehler –
zu geringe Farbtiefe, körnige Bilder

Beispiel:

$I(x,y)$ und digitalisiertes 2D-Signal $(x_i, y_j, I(x_i,y_j))$

	x_0	x_1	x_2	...
y_0	$I(x_0,y_0)$	$I(x_1,y_0)$	$I(x_2,y_0)$...
y_1	$I(x_0,y_1)$	$I(x_1,y_1)$	$I(x_2,y_1)$...
y_2	$I(x_0,y_2)$	$I(x_1,y_2)$	$I(x_2,y_2)$...
...

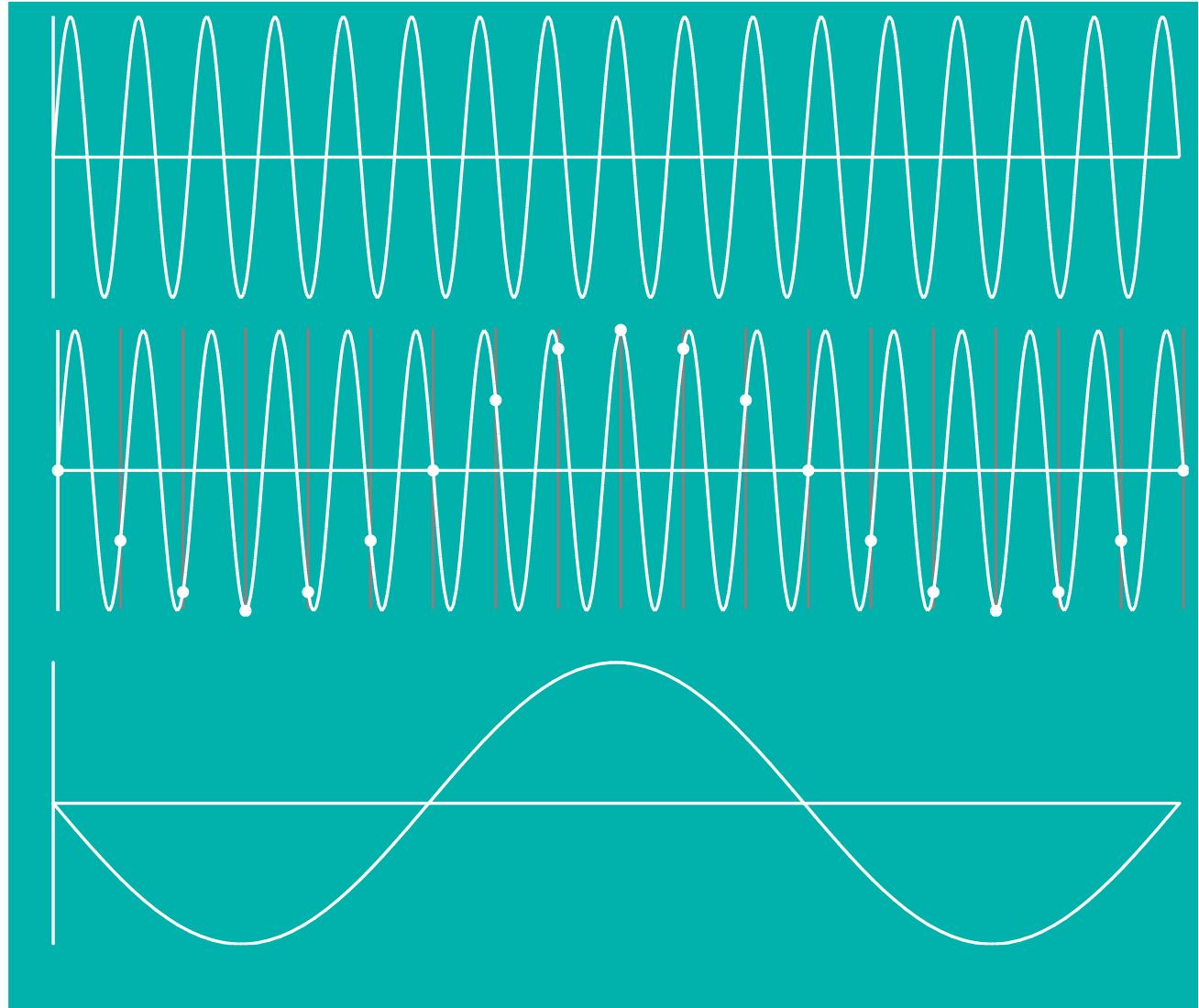


Abtastproblem: Aliasing

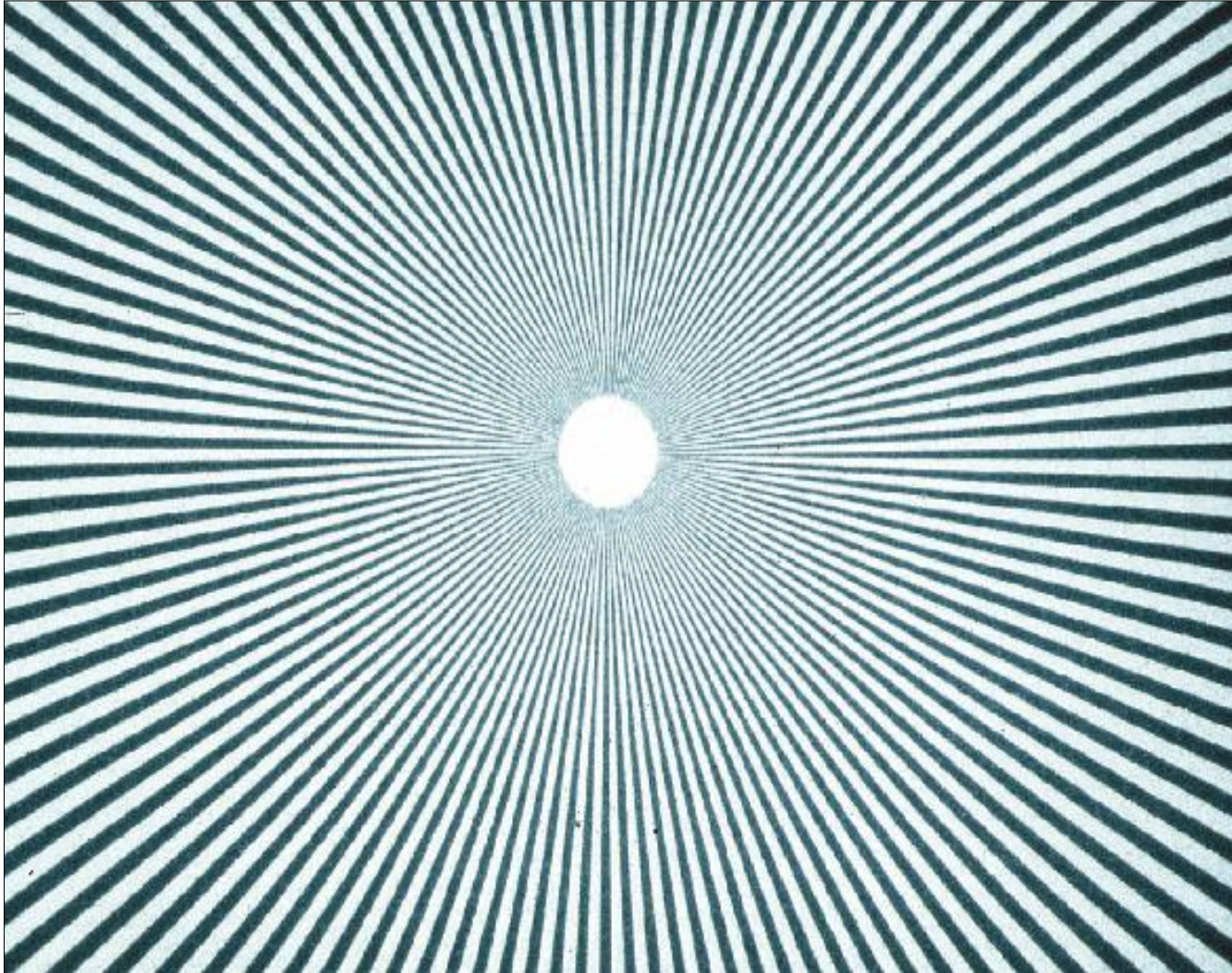
Original

Abgetastet

Rekonstruiert



Aliasing: Moiré-Effekt bei Abtastung



Frequenz
nimmt zur
Bildmitte hin zu

Moiré-Effekt

(frz. *moirer*, „moirieren; marmorieren“)

Man spricht von einem Moiré-Effekt, wenn neue Linien (*Moiré-Muster*) durch Überlagerung von Rastern oder Linien entstehen.

Beispiel:

Digitale Abtastung (z.Bsp. beim Scannen) von periodischen Strukturen (karierte Hemden, Liniengrafiken)

Moiré-Muster treten insbesondere auf, wenn periodische Strukturen mit Frequenzen abgetastet werden, die niedriger sind als die doppelte Frequenz der Strukturen selbst (siehe Nyquist-Shannon-Abtasttheorem).

Fazit:

mit der doppelten maximalen Frequenz, die im Bild vorkommt, abtasten.

Signal mit minimal vorkommender Frequenz f_{min}
und maximal vorkommender Frequenz f_{max}

$$\text{Bandbreite} = \{f_{min}, f_{max}\}$$

Abtastfrequenz nach dem Shannon'schen Abtasttheorem:

$$f_{abtast} > 2 (f_{max} - f_{min})$$

d.h. es muß mindestens mit der doppelten Bandbreite abgetastet werden. I.d.R. ist $f_{min} = 0$, dann muß mindestens mit der doppelten maximal vorkommenden Frequenz abgetastet werden, um eine Unterabtastung und resultierende Moiré-Effekte zu vermeiden.

Gegeben sei eine Strichzeichnung mit einer minimalen Linienbreite von 0.1 mm.

Frage:

Welche Rasterung würden Sie wählen?
Bzw. mit wie vielen Bildpunkten sollte ein Quadratmillimeter digitalisiert werden?

Nach dem Shannon'schen Abtasttheorem muss mit der doppelten Frequenz abgetastet werden. D.h.
2 Abtastwerte pro 0.1mm = 20 Werte pro mm
 $1\text{mm}^2 = 20 \cdot 20 = 400$ Bildpunkte

Gegeben sei eine Strichzeichnung mit einer minimalen Linienbreite von 0.1 mm.

Frage:

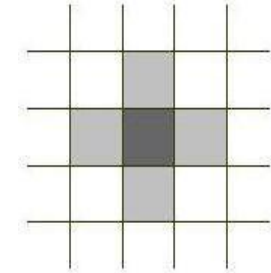
Welche Rasterung würden Sie wählen?
Bzw. mit wie vielen Bildpunkten sollte ein Quadratmillimeter digitalisiert werden?

Bildeigenschaften:

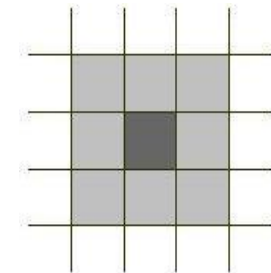
- Nachbarschaft
- Zusammenhängende Regionen
- Pfade
- Distanzmaße auf Nachbarschaften

Quadratische Gitter:

- > **4-er Nachbarschaft:**
 $(x, y-1)$, $(x, y+1)$, $(x-1, y)$ und $(x+1, y)$
- > **8-er Nachbarschaft:**
4-er Nachbarschaft und zusätzlich die diagonalen Bildpunkte $(x-1, y-1)$, $(x+1, y-1)$, $(x-1, y+1)$, $(x+1, y+1)$



4-er

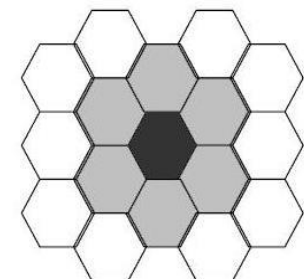


8-er

Hexagonale Gitter:

- > **6-er Nachbarschaft** über gemeinsame Kante

Warum wichtig? Z.Bsp. Wenn man einzelne Segmente zählt. Diese können sich in der 4-er-Nachbarschaft diagonal berühren und werden dann trotzdem getrennt gezählt.



6-er

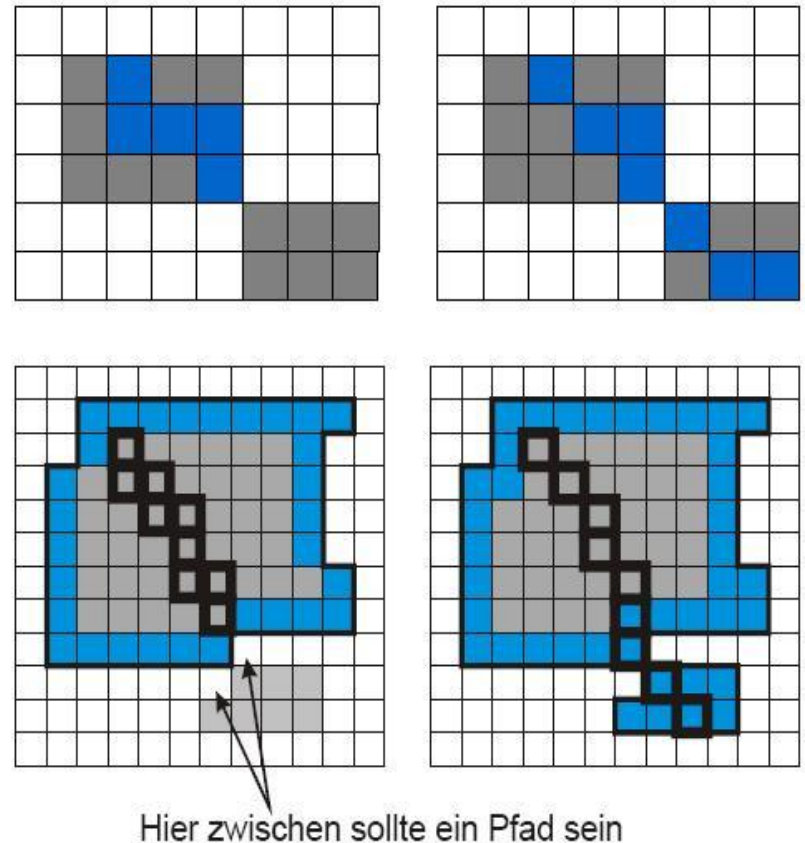
Pfad und zusammenhängendes Gebiet

Pfad: Folge von benachbarten Pixeln unter gleicher Homogenitätsbedingung (z.Bsp. gleicher Intensitätswert)

Der Pfad ist **geschlossen**, wenn Anfangspixel = Endpixel ist. Andernfalls ist er **offen**.

Zusammenhängendes Gebiet: Menge aller Pixel, zwischen denen Pfade existieren

Rand: Folge von Pixeln eines zusammenhängenden Gebiets, die zum Gebiet gehören und zu Pixeln benachbart sind, die nicht dazu gehören.



Euklidische Distanz:

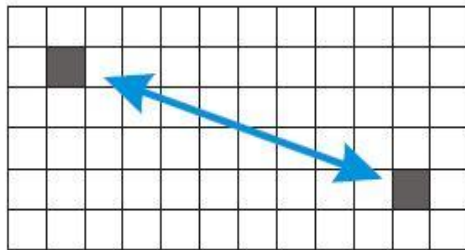
$$D_e(x_1, y_1, x_2, y_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Schachbrettdistanz bei 8-er Nachbarschaft:

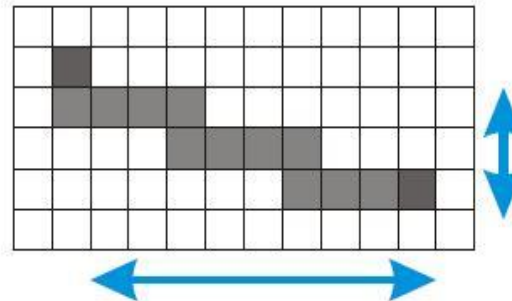
$$D_8(x_1, y_1, x_2, y_2) = \max\{|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|\}$$

Cityblock- oder Manhattan-Distanz bei 4-er Nachbarschaft:

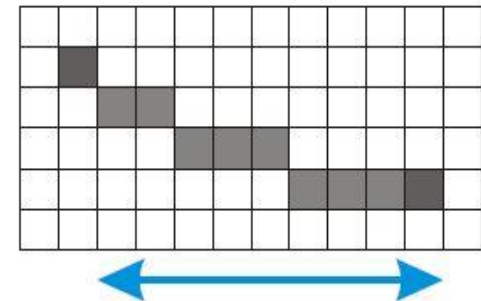
$$D_4(x_1, y_1, x_2, y_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$



Euklidische Distanz



Cityblock-Distanz



Schachbrettdistanz

Farbräume: Normfarbtafel, RGB, CMY, HSV

Digitale Bilder als 2D-Funktion mit endlichem und ganzzahligen Definitionsbereich

Pixel, Grauwert, Farben als RGB-Werte codiert

Bilder auf beliebigen Gittern

4- und 8-er Nachbarschaft

Distanzmaße

Zusammenhängende Gebiete und deren Eigenschaften

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !

FH Aachen
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Prof. Ingrid Scholl
Eupenerstr. 70
52066 Aachen
T +49. 241. 6009 52177
scholl@fh-aachen.de
www.fh-aachen.de