

2D Graphik: Zusammenfassung

Vorlesung „2D Graphik“

Andreas Butz, Otmar Hilliges

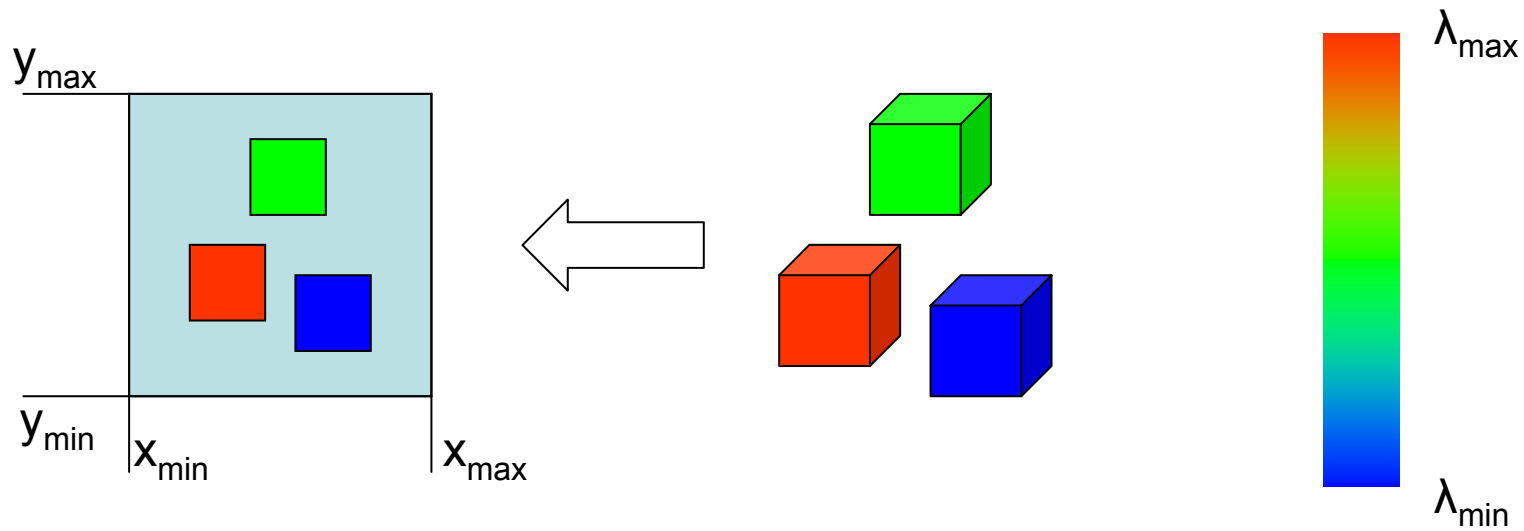
Freitag, 10. Februar 2006

Teile der Vorlesung

- Grundlagen
 - Pixelgraphiken
 - Farbmanagement
 - Aufnahme, Abtastung
- Bildverarbeitung
 - Operationen auf Bildern
 - Bildverbesserung
 - Segmentierung
- Klassifikation

Grundlagen

Abbildung der Welt auf ein 2D Bild

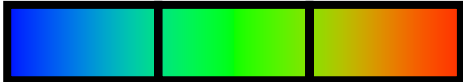


Ideale Abbildungsfunktion R:

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

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

Diskretisierung in versch. Aspekten

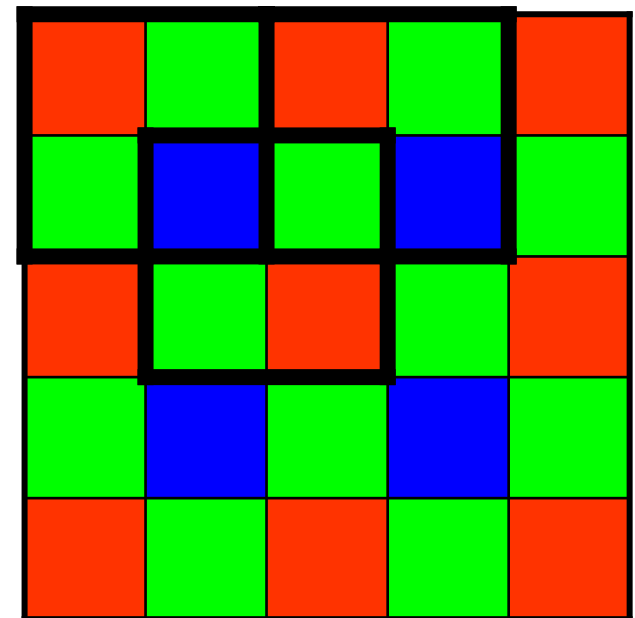
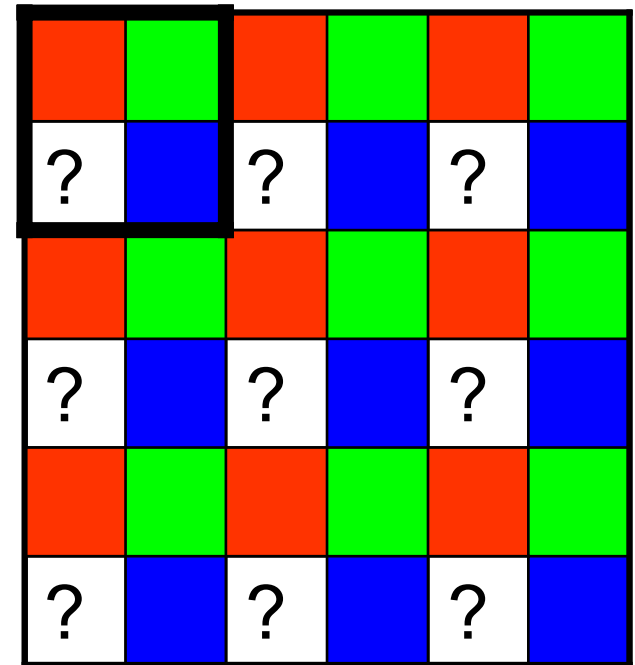
- Diskretisierung der Farbdarstellung
 - Verschiedene Farbmodelle
 - RGB, CMY, YUV, HSV, Runge, Itten, Musell, ...
 - Farbtiefe
 - Umwandlung (Prinzipverständnis!)
- Diskretisierung der Ortsinformation
 - Was bedeuten Auflösung vs. Ortsauflösung?
- Pixel, Nachbarschaften, 4- und 8-Nachbarschaft

Darstellung + Aufnahme von Pixelgraphiken

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

Bildsensor: Farbe

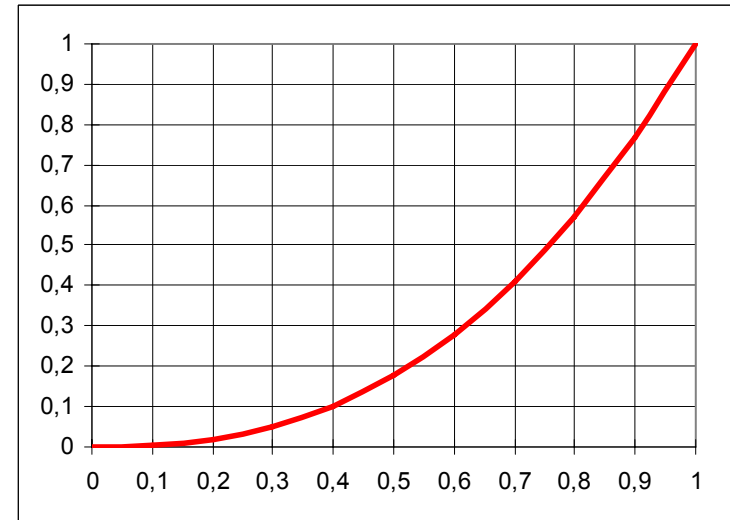
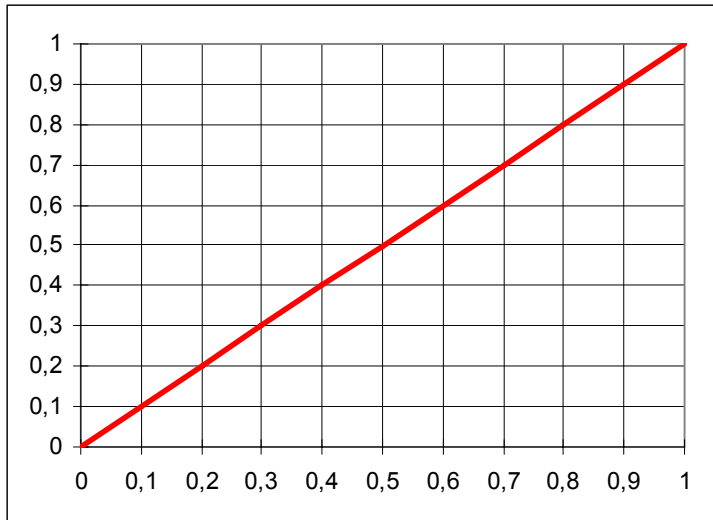
- $6 \times 6 = 36$ Graupixel
- → wie viele Farbpixel?
- Naiver Ansatz:
 - Je 4 Pixel bilden eine Gruppe
 - → $3 \times 3 = 9$ Farbpixel
- „Bayer-Pattern“
 - Jede quadratische 4er-Gruppe enthält alle Grundfarben
 - → $5 \times 5 = 25$ Farbpixel
 - Allgemein: $n-1 * n-1$
- <http://www.fillfactory.com/htm/technology/htm/rgbfaq.htm>



Farbmanagement

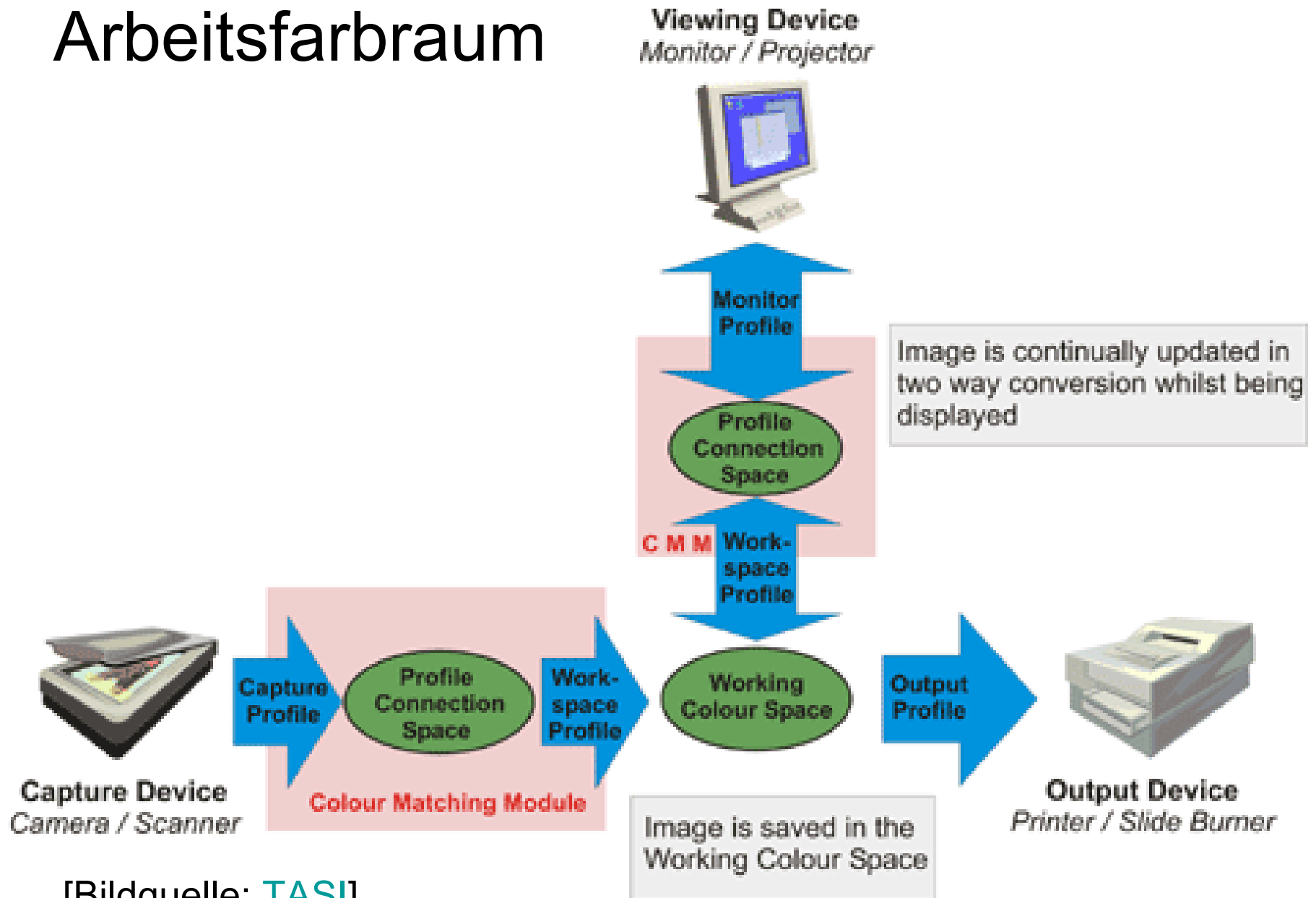
- Farbmanagement
 - Gammakurven, Gammakorrektur
 - CIE Farbmanagement
 - Farbraumtransformationen
 - Kalibrierung

Mathematische Beschreibung: Gamma

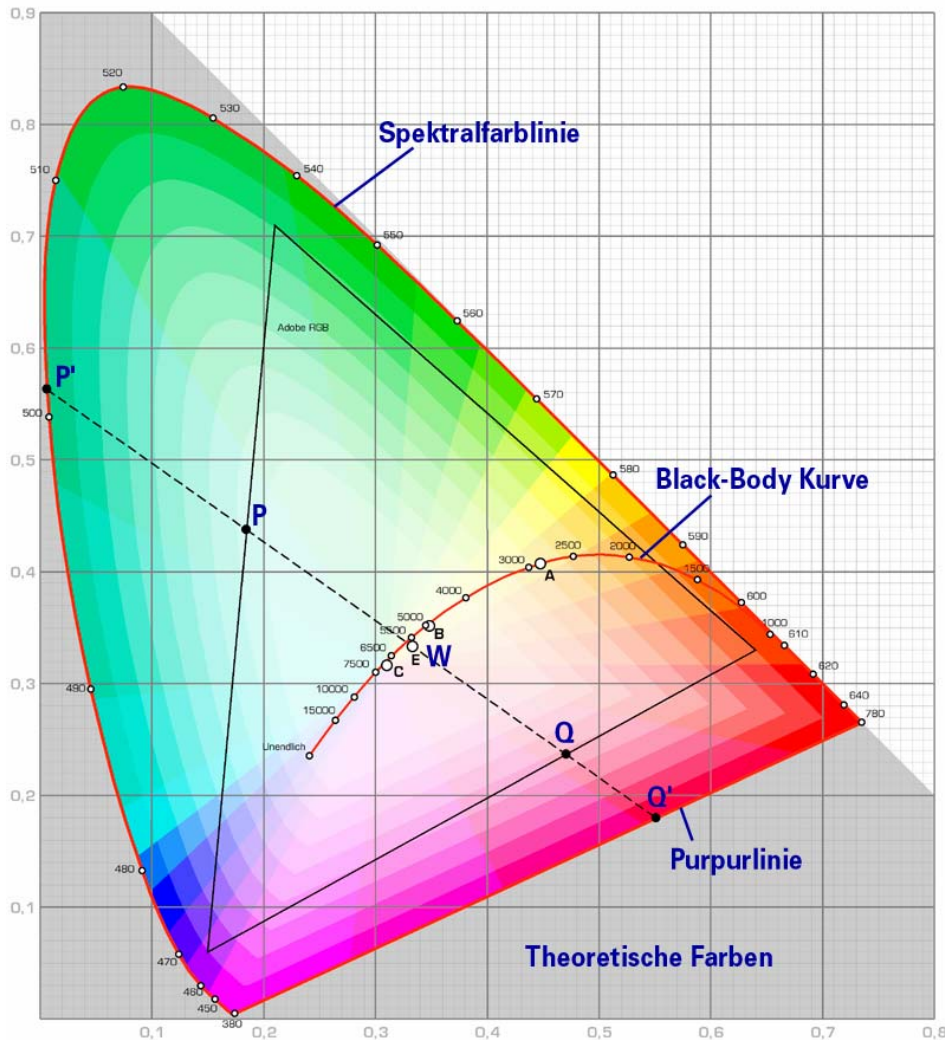


- Röhrenmonitor mit Phosphor als Leuchtstoff:
 - Steuerspannung u von 0,0 bis $1,0 * u_{\max}$
 - Helligkeit h von 0,0 bis $1,0 * h_{\max}$
- Verhältnis von Helligkeit eines Punktes zur Steuerspannung ist nicht linear, sondern exponentiell:
 $h = u^\gamma$ wobei γ (sprich: Gamma) = 2,5

Arbeitsfarbraum

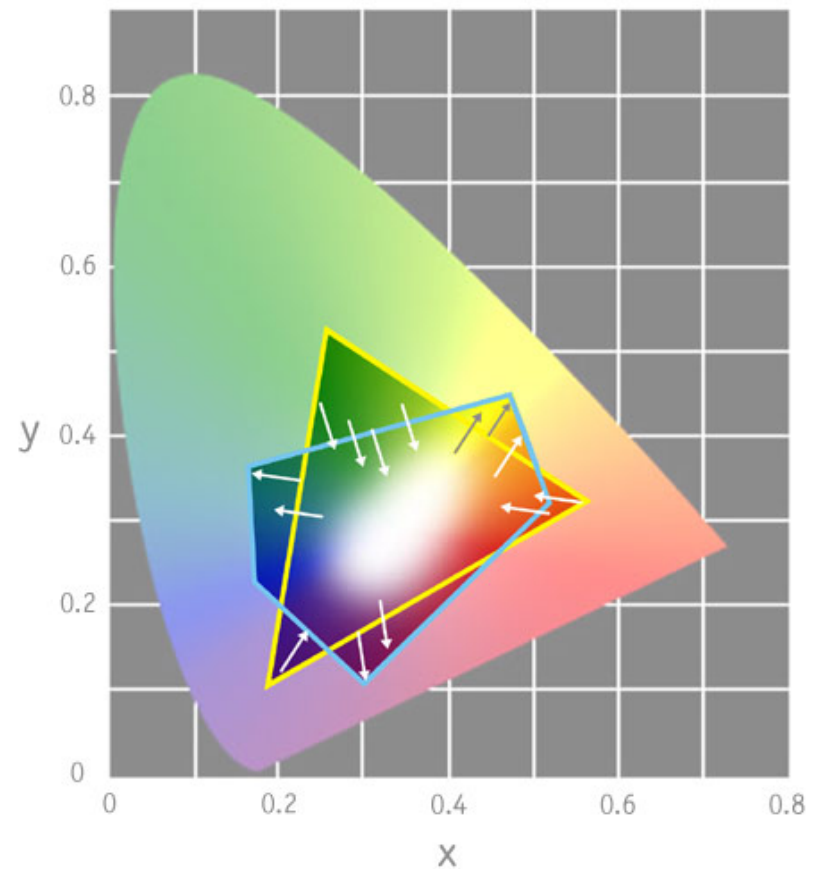
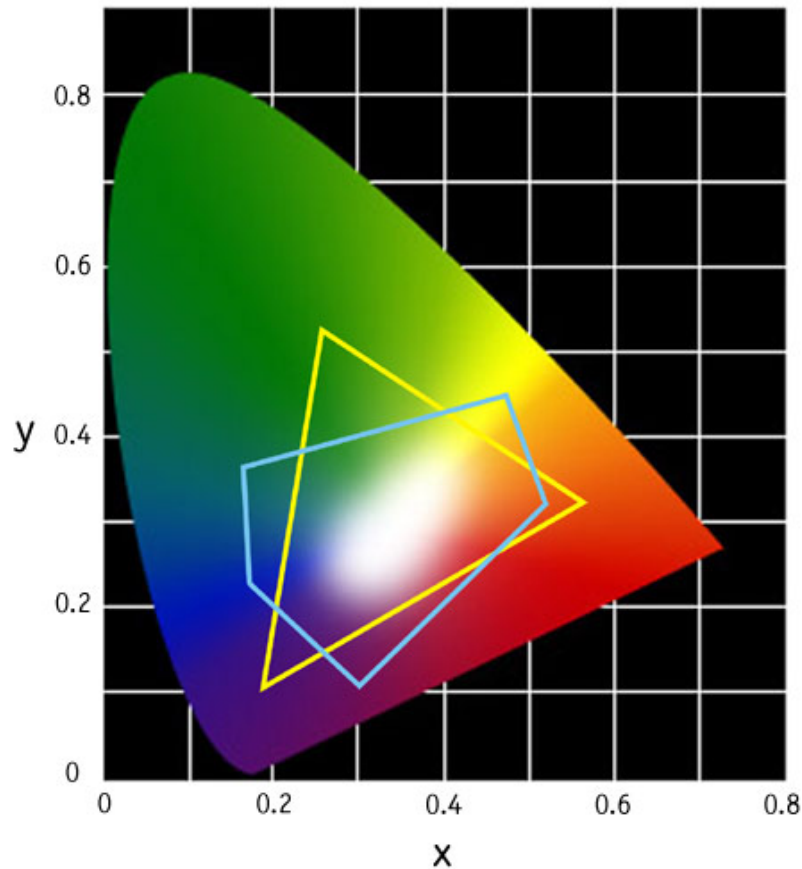


CIE Normfarbtafel



- Projektion des CIE XYZ Farbraums auf die Ebene $X+Y+Z=1$
- Also $R+G+B=1$
- $R = X$ -Achse
- $G = Y$ -Achse
- B ergibt sich daraus:
$$B = 1 - R - G$$

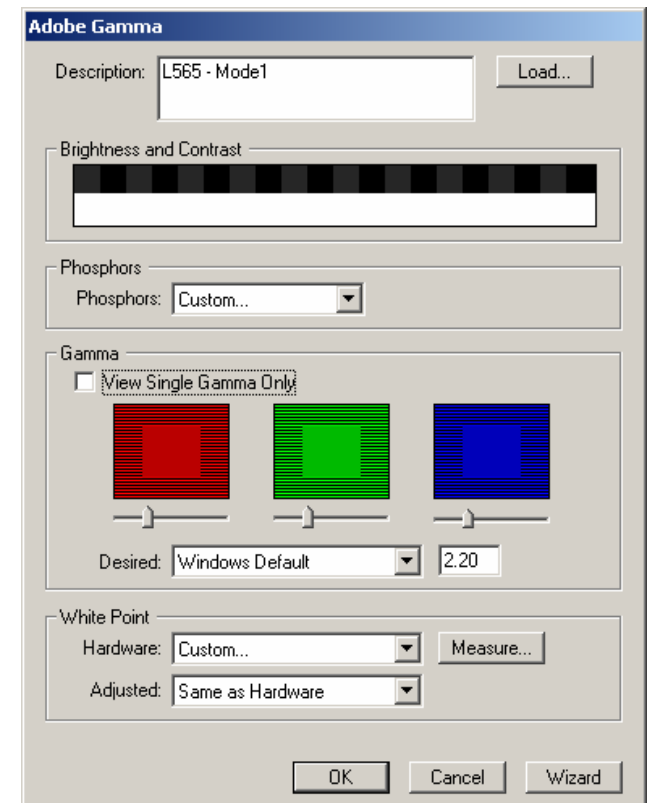
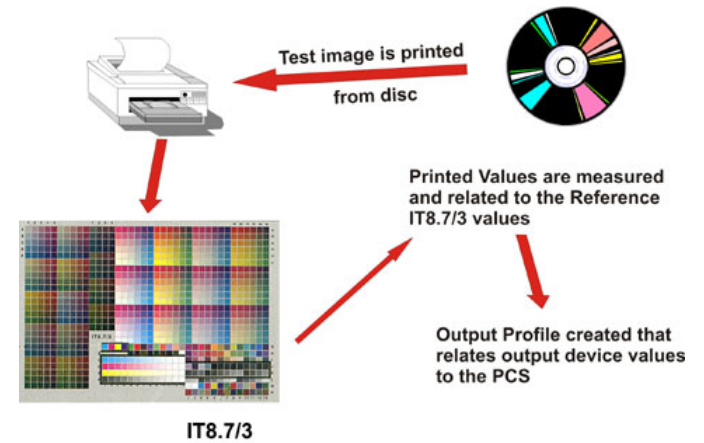
Wie wandelt man zwischen Farbräumen?



Rendering Intent

- Gibt an, nach welchen Regeln Farben in andere umgewandelt werden
- Problem 1: Evtl. sind nicht alle Farben des Ursprungsraumes im Zielraum enthalten
- Problem 2: Evtl. werden nicht alle Farben des Zielraumes ausgenutzt
- **Absolute colorimetric**
- **Relative colorimetric**
- **Perceptual**
- **Saturation**

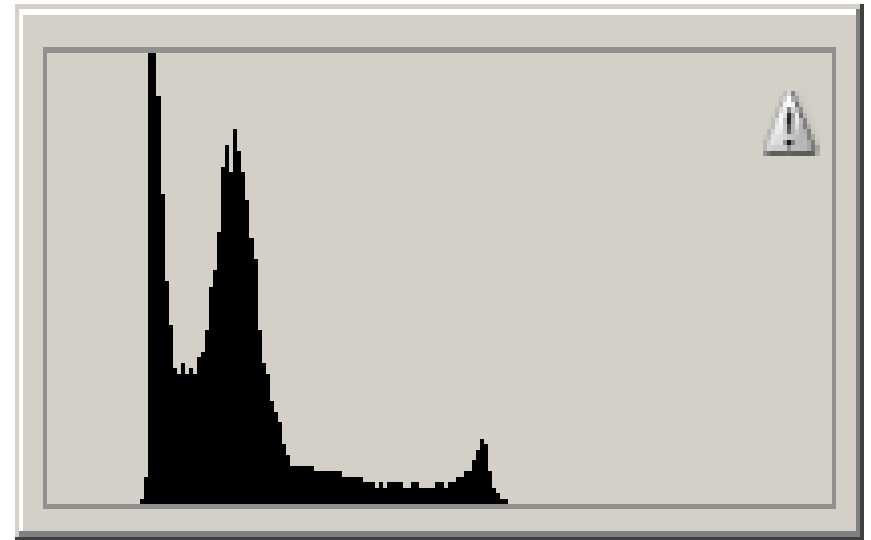
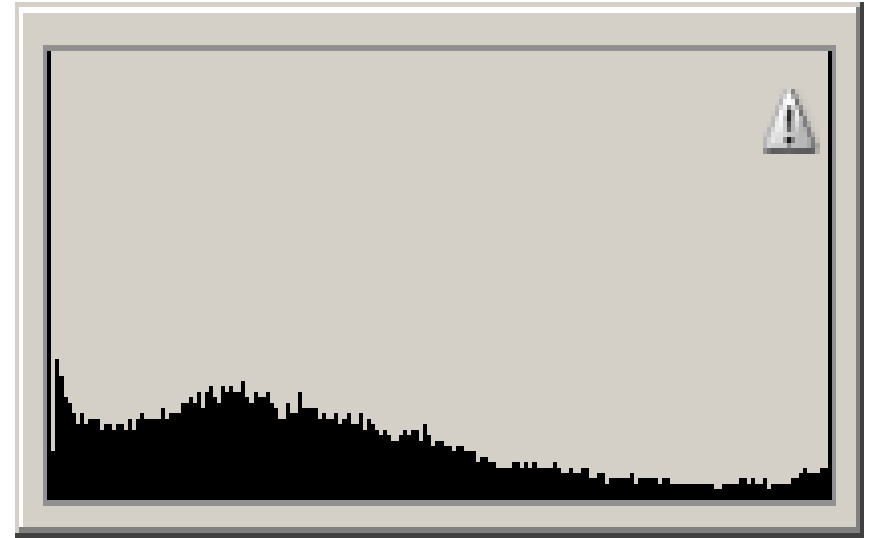
Kalibrierung



Aufnahme von Bildern

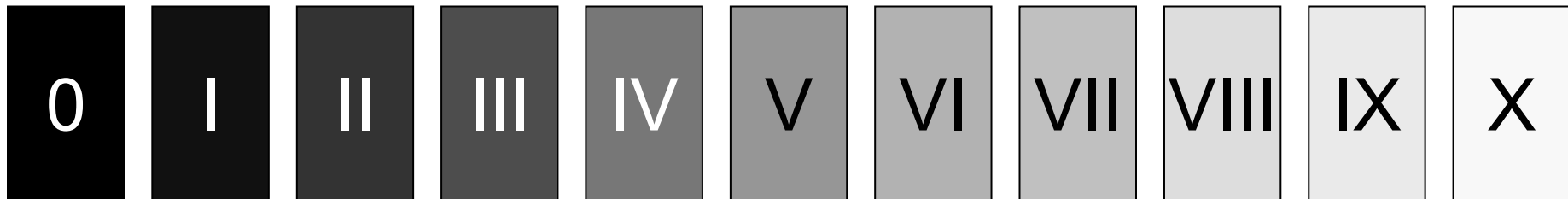
- Bilder aus der Digitalphotographie
 - Kontrastumfang, Histogramme
 - Kurzeinführung Zonensystem
 - High Dynamic Range (HDR) Bilder
- Abtastung von Bildern
 - Sampling
 - Aliasing
 - Moire Muster
 - Konvolution und Korrelation

Kontrastanhebung und -absenkung



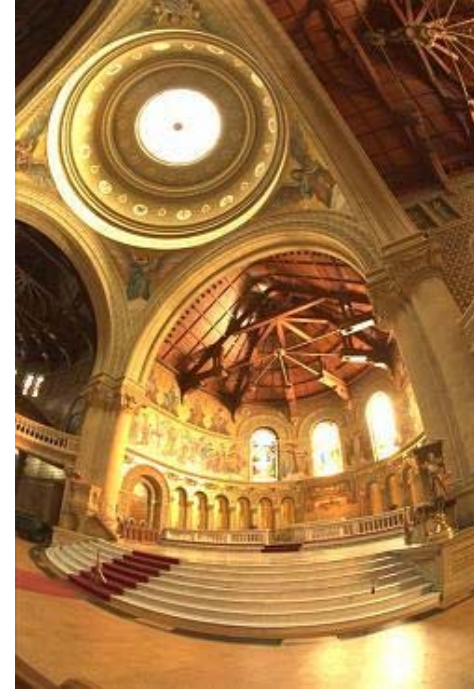
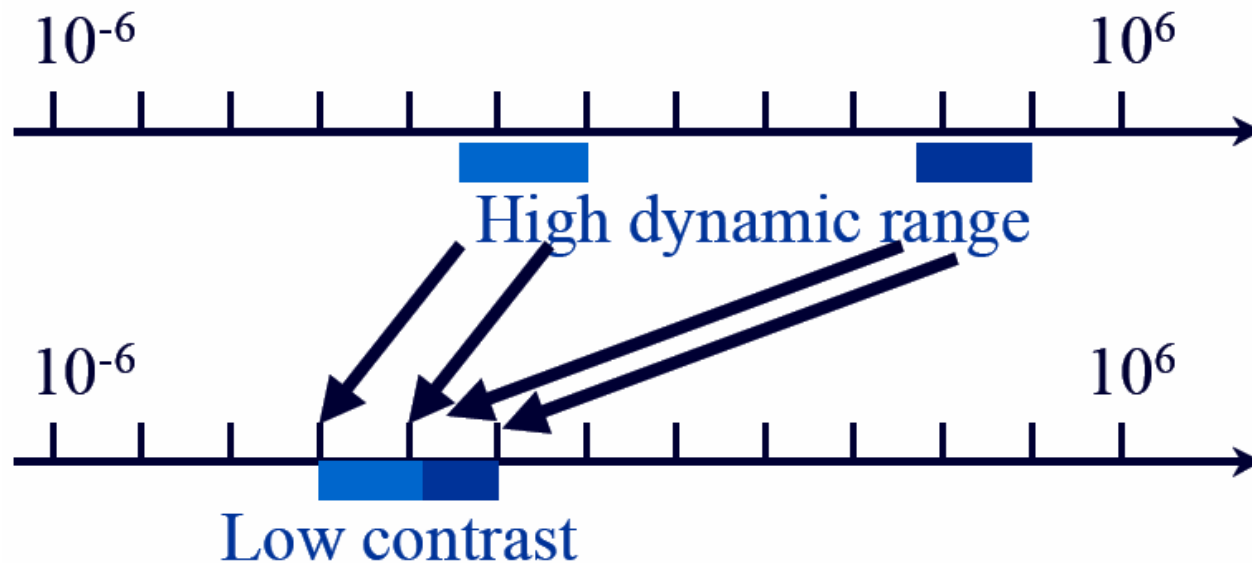
Zonensystem

- II: tiefe Schatten fast ohne Details
- III: voll durchgezeichnete Schatten
- IV: dunkles Laubwerk
- V: Neutralgrau mit 18% Reflexion
- VI: mittlere Hauttöne
- VII: helle Hauttöne, Schneeflächen
- VIII: noch gezeichnete Lichter
- IX: fast Papierweiss ohne Details



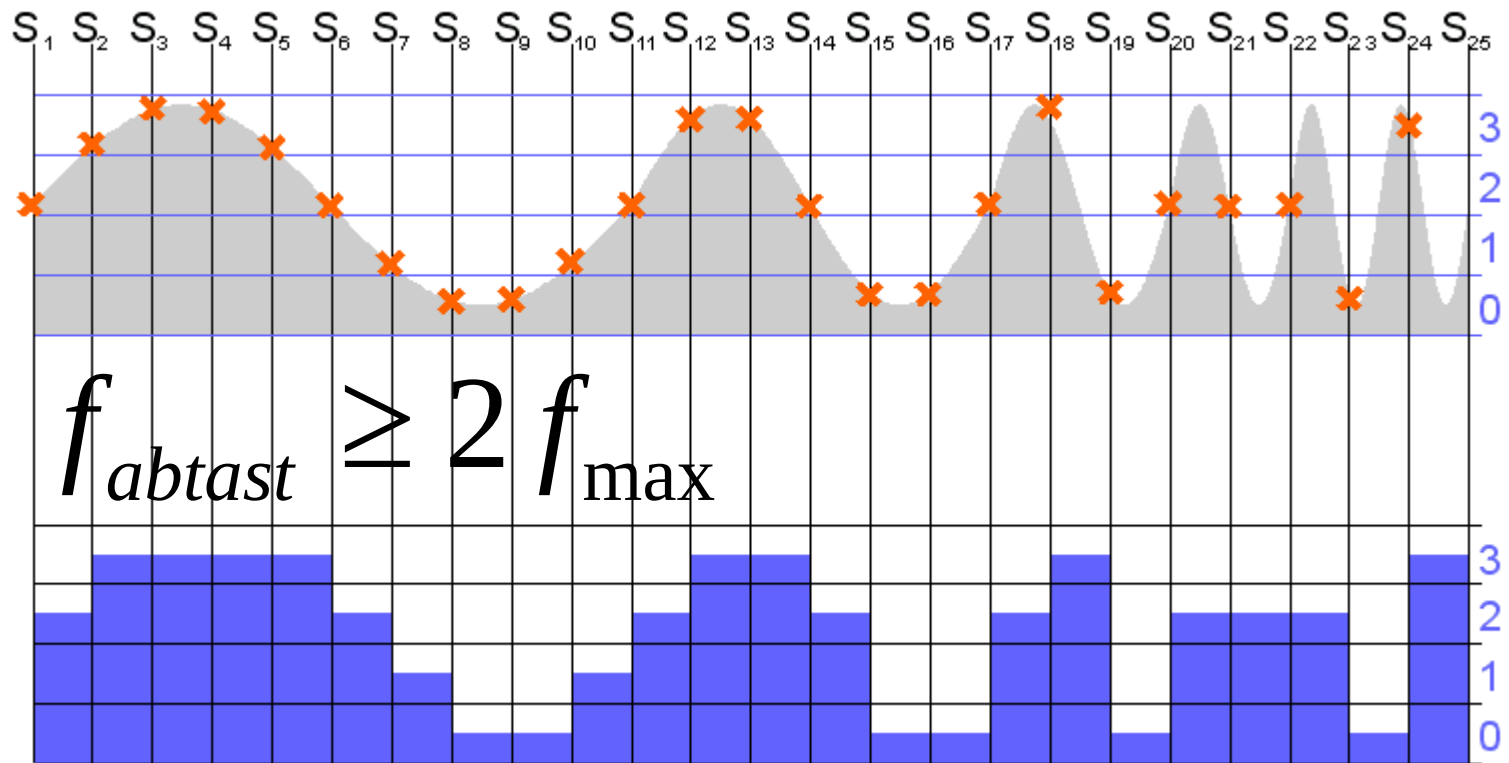
HDR, Tone mapping

- Kernidee: ignoriere leere Stellen im Histogramm
- Schiebe restliche Bildteile im Histogramm zusammen



Abtasttheorem von Nyquist-Shannon

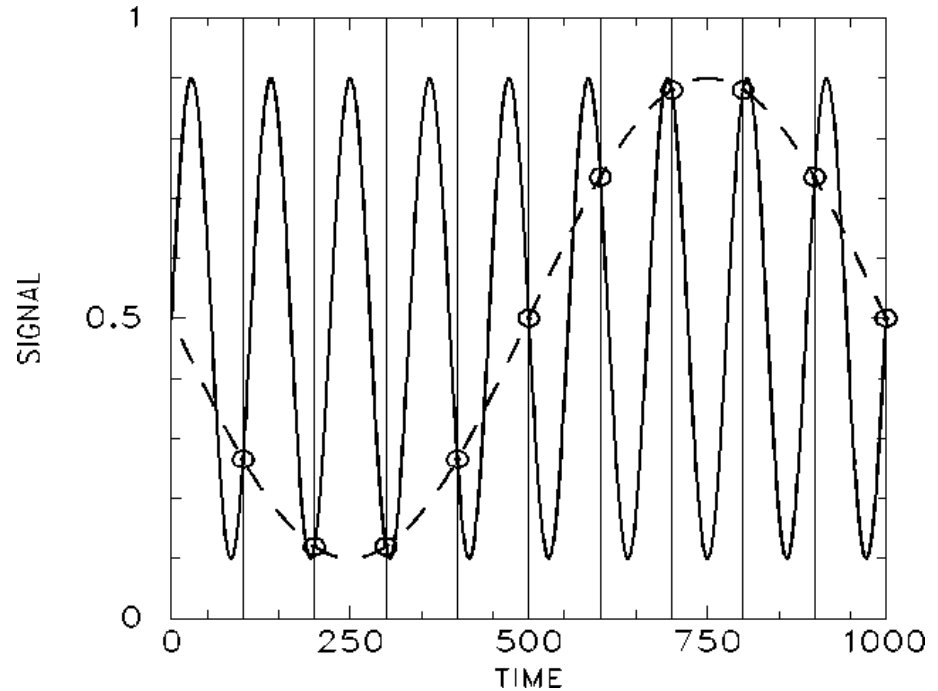
- Ein digitales Signal mit maximalem Frequenzanteil $f_{\max}$ muss mit mindestens der doppelten Frequenz $2 f_{\max}$ abgetastet werden



Aliasing

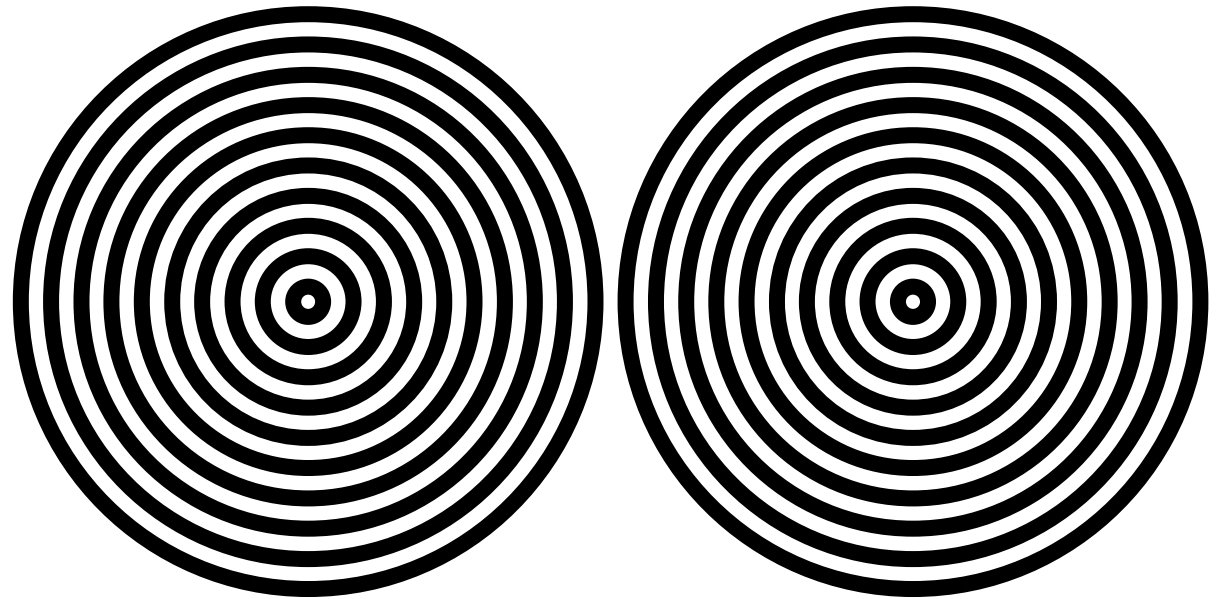
$$f_{\text{abtast}} < 2 f_{\text{signal}}$$

$$f_{\text{alias}} = |f_{\text{abtast}} - f_{\text{signal}}|$$



- Durch Unterabtastung ($f_{\text{abtast}} < 2 f_{\text{max}}$) entstehendes falsches Signal
- Frequenz des Aliasing-Signals = Differenz aus Original- und Abtastsignal
- Schwebungstöne beim Stimmen einer Gitarre

Moiree Muster



Bildverarbeitung

Konvolution anschaulich

1	0	-1	0	0	0	0
1	0	-1	1	0	0	0
1	0	-1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

	1	2	0	-2	-1	
	2	2	0	-2	-2	
	3	2	0	-2	-3	
	3	2	0	-2	-3	
	2	2	0	-2	-2	

Punktantwort (point spread function, PSF)

- Faltung eines einzelnen Dirac-Impulses
 - Bild mit einem einzigen schwarzen Pixel
- Abgetastetes Bild = Folge von Dirac-Impulsen * Pixelhelligkeiten
- → Gesamtwirkung durch PSF vollständig beschrieben
- → falls PSF umkehrbar, kann Wirkung rückgängig gemacht werden
- PSF kann experimentell bestimmt werden

Korrelation

- Seien f, g abgetastete Bilder mit unendlicher Größe, m, n , Skalare

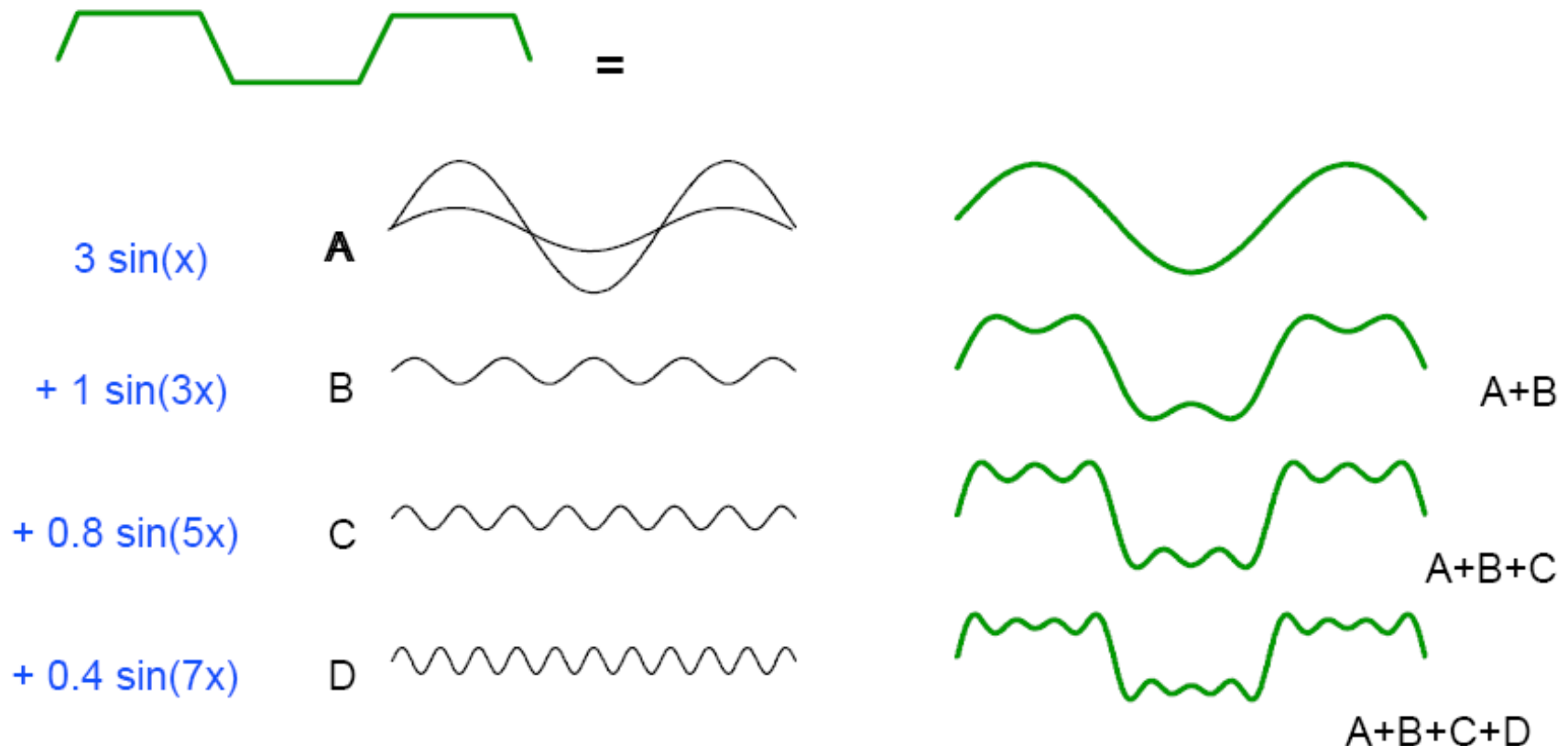
$$(g * f)(m, n) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} g(i, j) f(i - m, j - n)$$

Heißt Korrelation der Funktion f mit g

- g heißt die Korrelationsfunktion
- Funktioniert so nur für unendlich große Bilder → Vereinfachung siehe Konvolution

Fouriertransformation: Grundidee

- Beschreibe beliebige Funktion als gewichtete Summe periodischer Grundfunktionen (Basisfunktionen) mit untersch. Frequenz



Anschaulich: Basisvektoren eines Bildes

$$\begin{array}{l} \boxed{1 \ 0 \ 1 \ 0} \\ = 1 * \boxed{1 \ 0 \ 0 \ 0} \\ + 0 * \boxed{0 \ 1 \ 0 \ 0} \\ + 1 * \boxed{0 \ 0 \ 1 \ 0} \\ + 0 * \boxed{0 \ 0 \ 0 \ 1} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \boxed{1 \ 0 \ 1 \ 0} \\ = 1 * \boxed{1 \ 0 \ 0 \ 0} \\ + 0 * \boxed{0 \ 1 \ 0 \ 0} \\ + 1 * \boxed{0 \ 0 \ 1 \ 0} \\ + 0 * \boxed{0 \ 0 \ 0 \ 1} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{bilden eine Basis des } \mathbb{R}^4 \\ \text{sind paarweise orthogonal} \\ \text{haben Länge 1} \end{array}$$

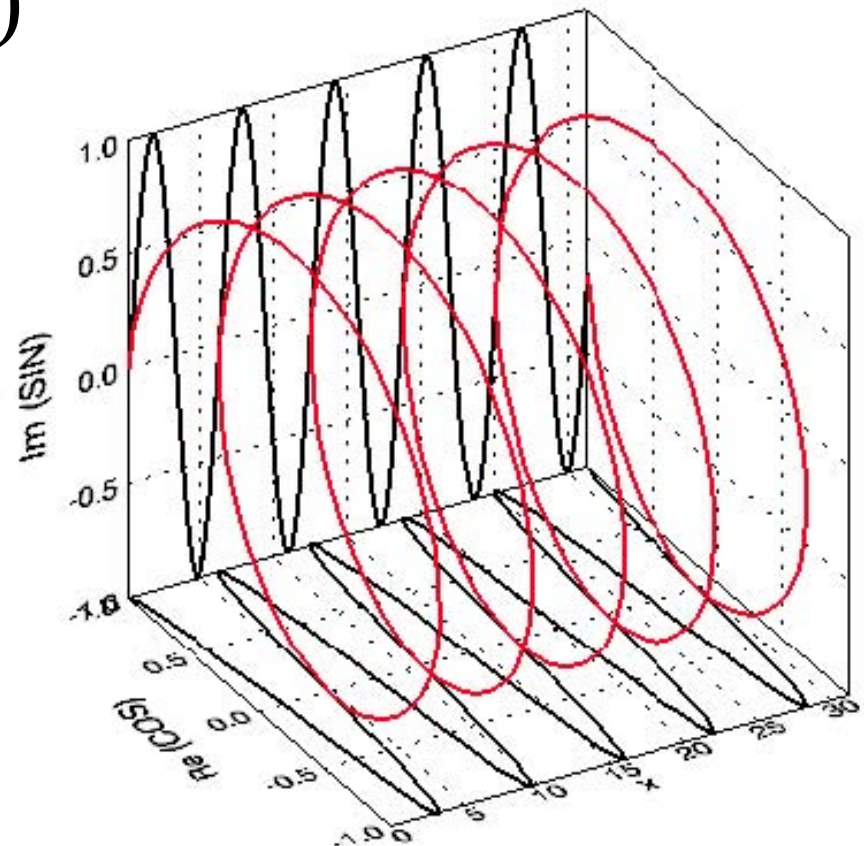
- Wahl anderer Basisvektoren → Transformation mittels Basiswechsel
- Basiswechsellmatrix vom Rang der Pixelanzahl

Fourierbasis (3)

- **2. Versuch:** wähle komplexe Funktionen

$$f = \cos(un) + i \sin(un)$$

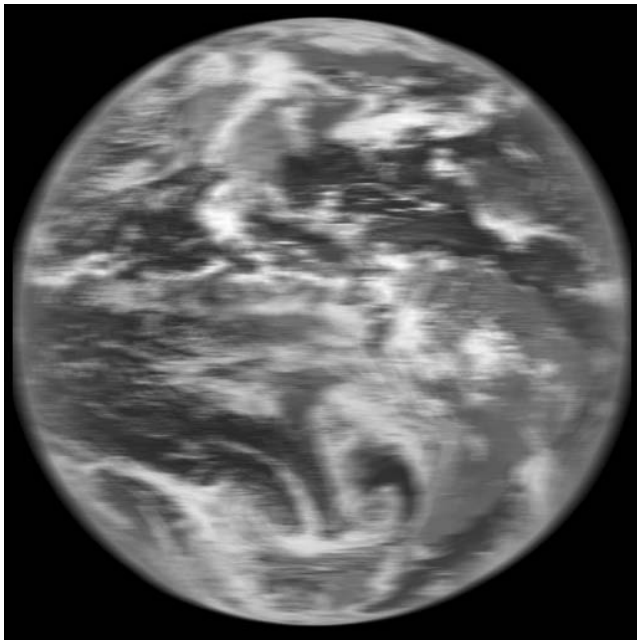
- Wobei u ein ganzz.
Vielf. von $u_0 = 2\pi/N$
- $\rightarrow$ N verschiedene
Funktionen
- **Ist eine Basis**



FFT Vorgehensweise generell

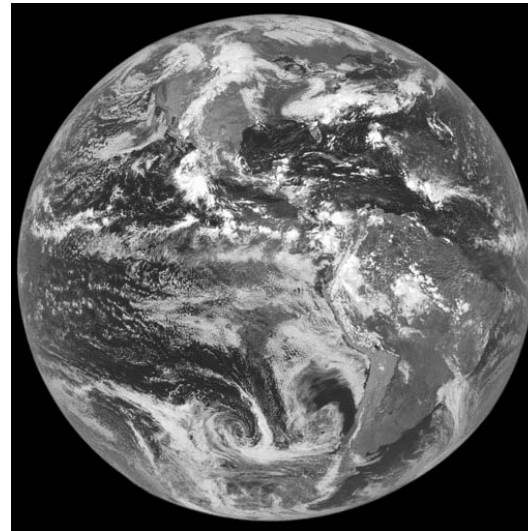
- Vereinfachende Annahme: $N=2^k$, $k>1$
- Nutze Separabilität, um 2D-FT auf 1D zurückzuführen ($O(n^4) \rightarrow O(n^3)$)
- Teile Summe in zwei Teilsummen auf
- Finde Gemeinsamkeiten in den Teilsummen und berechne beide Teilsummen miteinander
- Betrachte die Teilsumme und unterteile rekursiv bis $N=1$ ($O(n^3) \rightarrow O(n^2 \log n)$)

Beschreibung linearer Bildstörungen



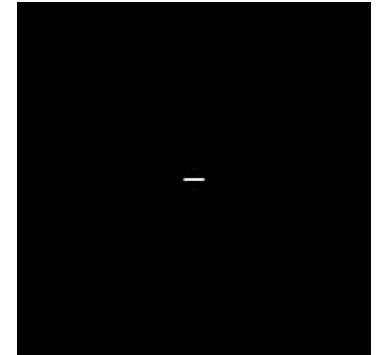
Gestörtes Bild

=



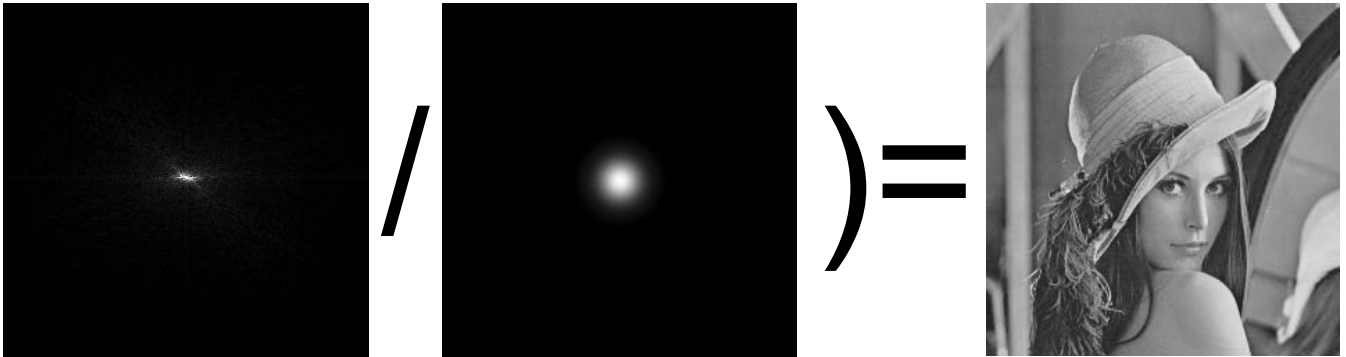
Original

*



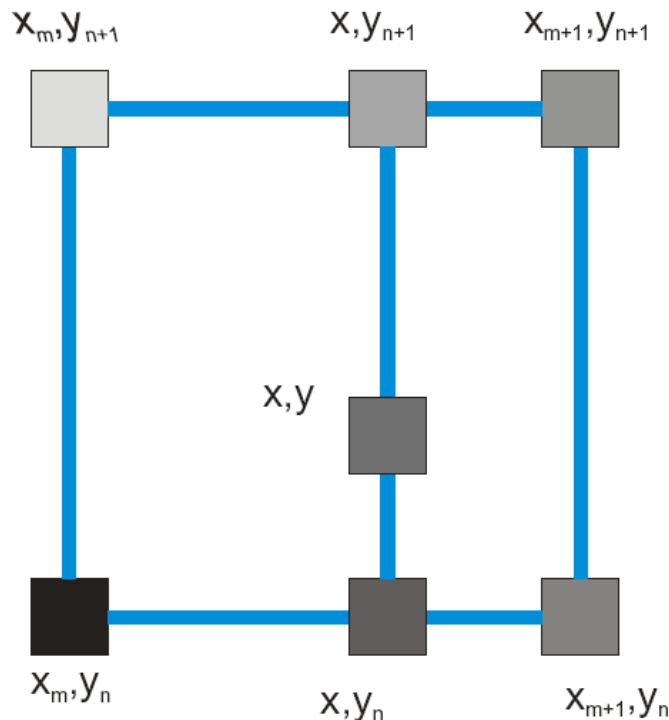
Faltungskern

Inverse Filterung

$$FT^{-1}\left(\frac{\text{[Distorted Image Spectrum]}}{\text{[Filter Spectrum]}}\right) = \text{[Original Image]}$$


- Vollständige Rückgewinnung der Information aus den gestörten Daten

Bilineare Interpolation



Erster Schritt:

$$g_1(x_m, y) = \frac{y_{n+1} - y}{y_{n+1} - y_n} f(x_m, y_n) + \frac{y - y_n}{y_{n+1} - y_n} f(x_m, y_{n+1}),$$

$$g_1(x_{m+1}, y) = \frac{y_{n+1} - y}{y_{n+1} - y_n} f(x_{m+1}, y_n) + \frac{y - y_n}{y_{n+1} - y_n} f(x_{m+1}, y_{n+1}).$$

Zweiter Schritt:

$$g(x, y) = \frac{x_{m+1} - x}{x_{m+1} - x_m} g_1(x_m, y) + \frac{x - x_m}{x_{m+1} - x_m} g_1(x_{m+1}, y).$$

Bildverbesserung

- Rauschen, Entropie
- Bildverbesserung
 - Punktbasiert
 - Flächenbasiert
 - Kantenbasiert

Beschreibung von Rauschen

- Charakterisierung im Frequenzbereich, z.B.
 - Weißes Rauschen: Alle Frequenzen mit gleicher Amplitude.
 - Rosa Rauschen: Amplitude im niederfrequenten Bereich höher.
 - Farbiges Rauschen: Variierende Amplitude.
- Signal-Rausch-Verhältnis
(**SNR**: Signal-to-Noise-Ratio)
 - $\text{SNR}_{\max} = \max_{m,n} [f(m,n)] / \text{avg}[n(m,n)]$
 - $\text{SNR}_{\emptyset} = \text{avg}[f(m,n)] / \text{avg}[n(m,n)]$.
 - SNR kann auch objektabhängig bestimmt werden

Kontrast

- **Globaler Kontrast:** Größter Grauwertunterschied im Bild

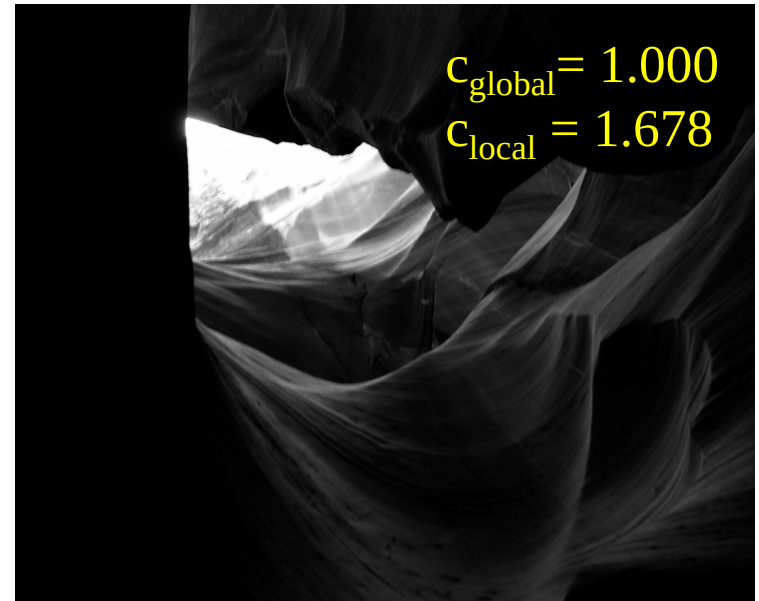
$$c_{\text{global}}(f) = [\max_{m,n}(f(m,n)) - \min_{m,n}(f(m,n))] / g_{\text{range}}$$

mit g_{range} - Grauwertbereich

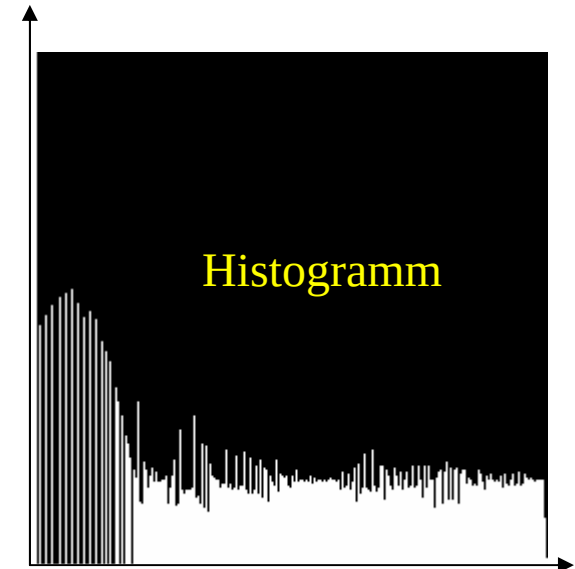
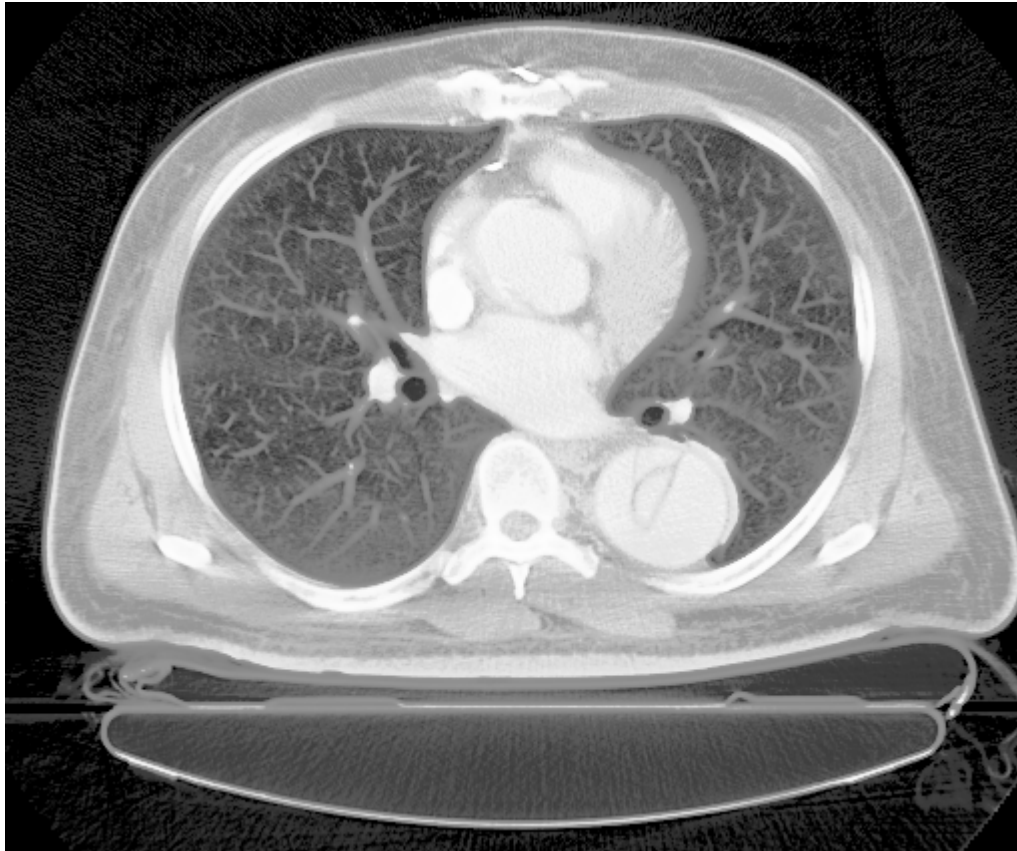
- **Lokaler Kontrast:** z.B. durchschnittlicher Grauwertunterschied zwischen benachbarten Pixeln

$$c_{\text{local}}(f) = 1/MN \sum_m \sum_n |f(m,n) - f_{nb}(m,n)|$$

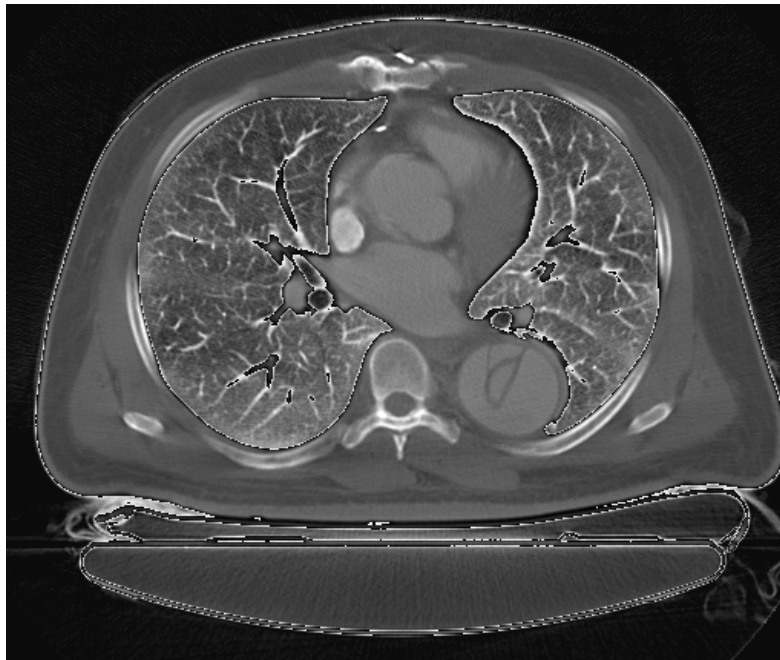
mit $f_{nb}(m,n)$ – durchschnittlicher Grauwert in der Umgebung von (m,n) .



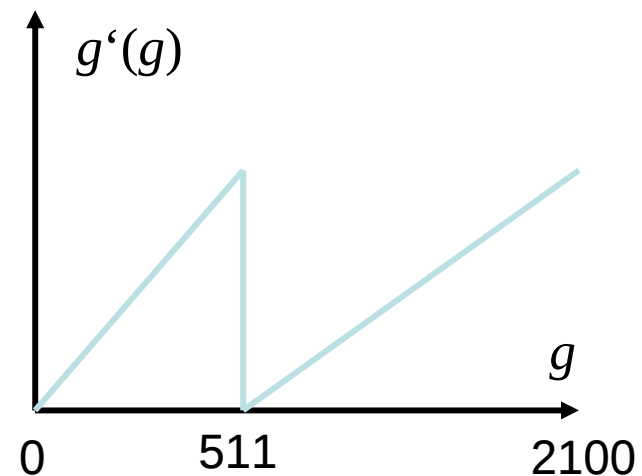
Histogrammlinearisierung



Nichtmonotone Grauwertabbildung



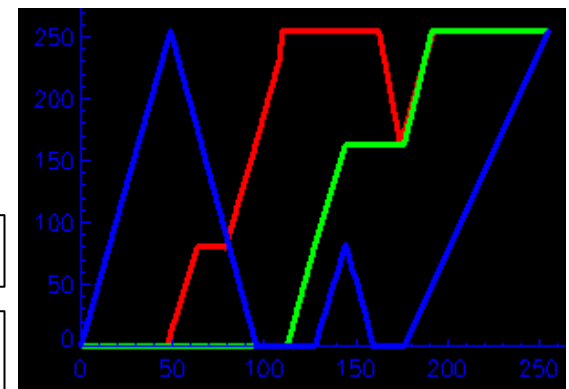
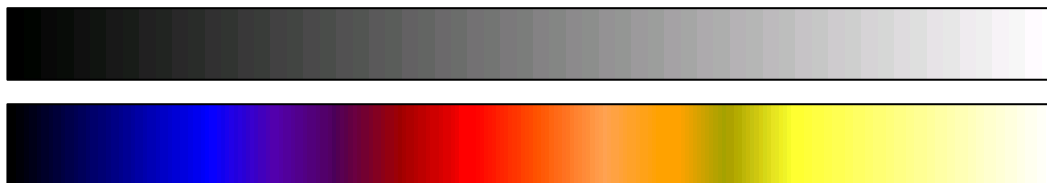
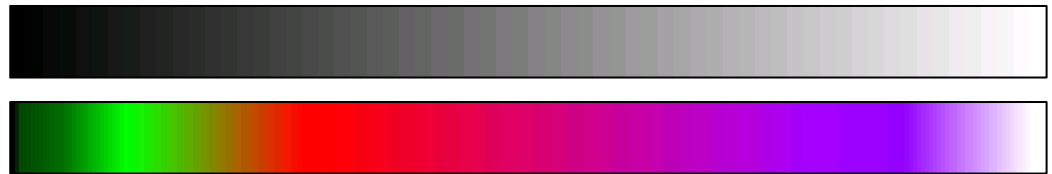
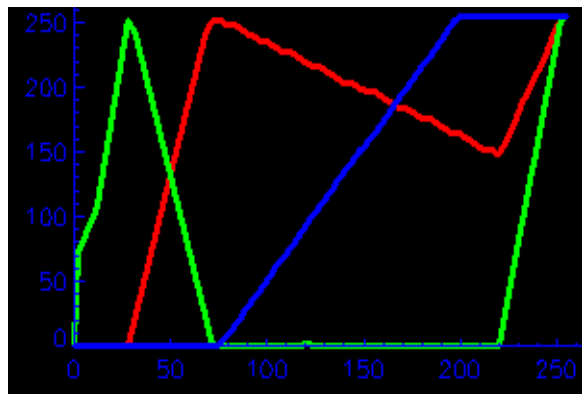
Zwei Grauwertfenster in einem Bild.



- Erzeugt künstliche Kanten.
- Grenzen von Maxima der Transferfunktion nicht immer erkennbar.

Farbe zur Kontrastverstärkung

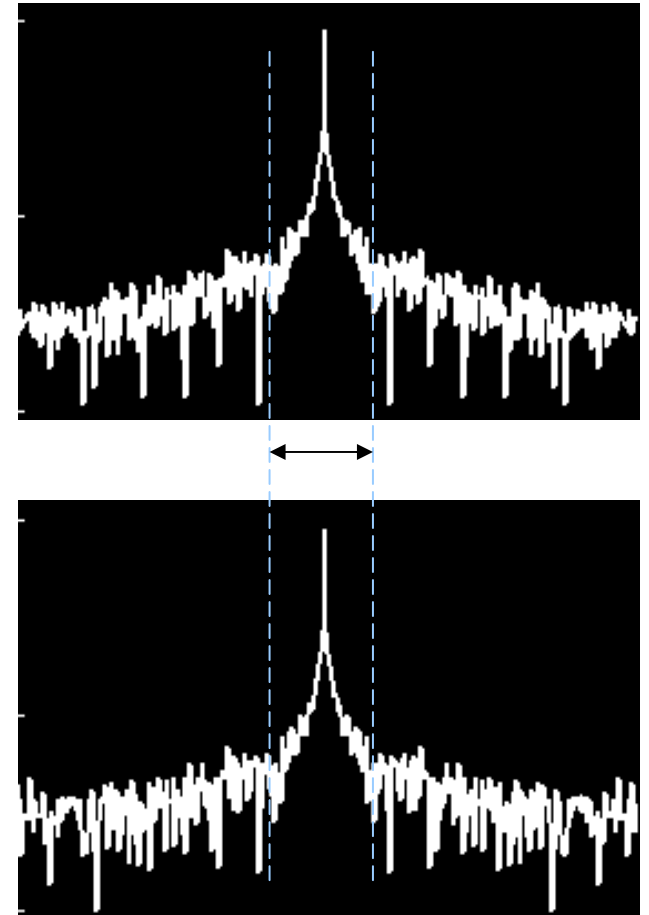
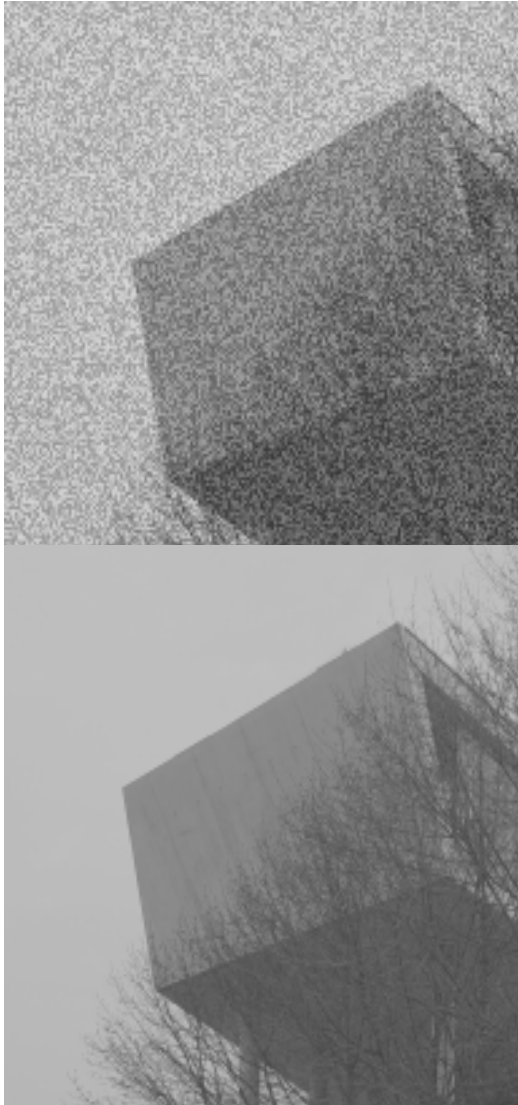
- Es können wesentlich mehr Farb- als Grauwerte unterschieden werden.
- Kontrastverstärkung durch drei nicht-lineare, nicht-monotone Abbildungsfunktionen der Grauwerte: $red_i(g)$, $green_i(g)$, $blue_i(g)$



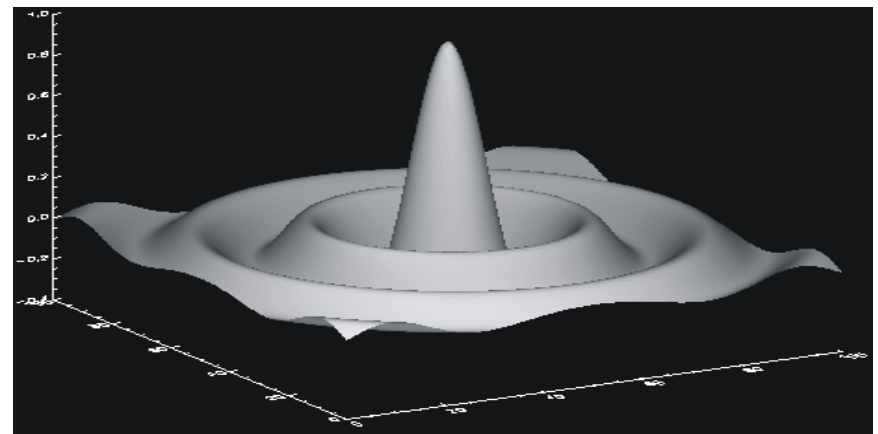
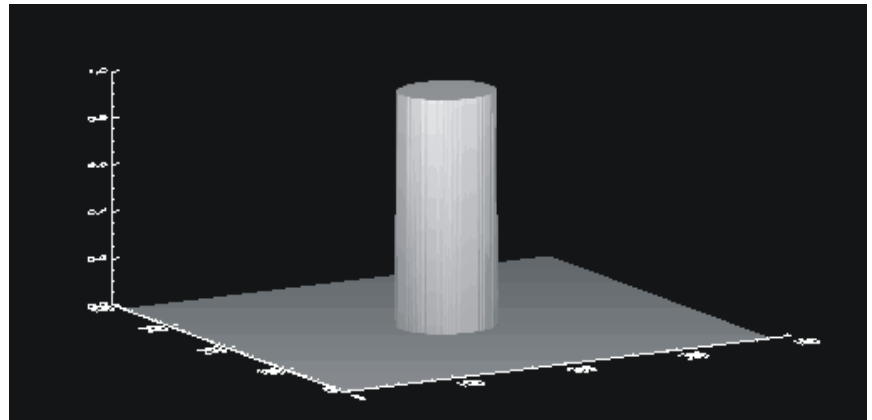
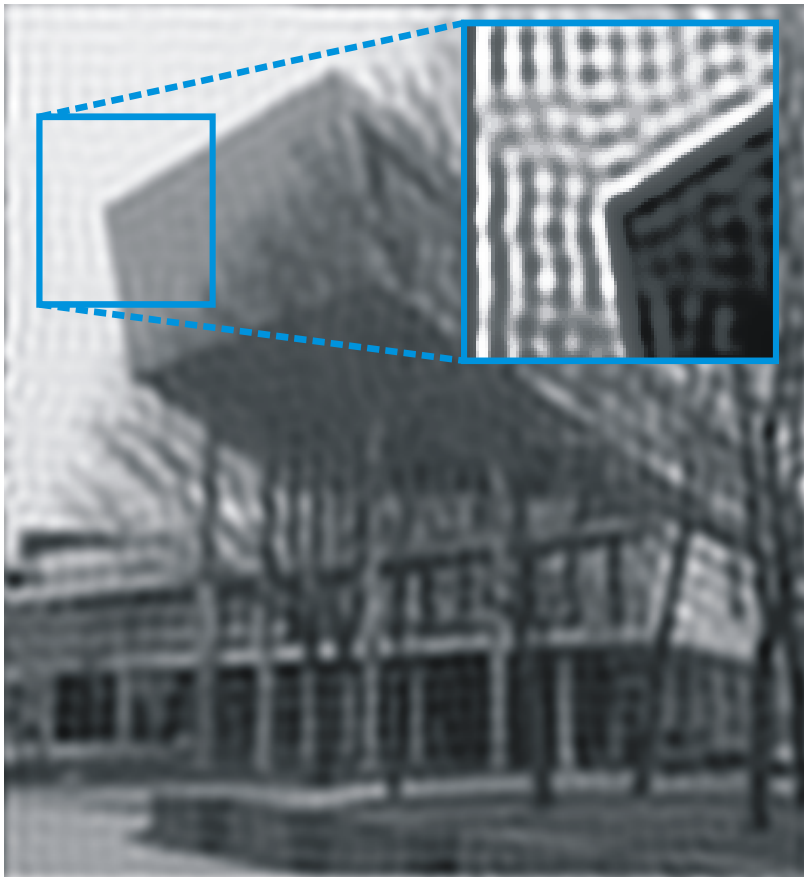
Flächenbasierte Bildverbesserung

- Rauschen kann durch Integration einer Signalfolge mit (nahezu) konstantem Signal reduziert werden.
- Konstante Signalfolge:
 - Integration über eine zeitliche Folge.
 - Integration über eine homogene Fläche.
- Lineare verschiebungsinvariante Operatoren
 - Konvolutionsmethoden
 - Filterung im Frequenzraum

Beispiel



Ringing-Artefakt



Zweidimensionale Binomialfilter

$$\mathbf{B}^2 = 1/16 \cdot [1 \ 2 \ 1]^T \cdot [1 \ 2 \ 1] = 1/16 \cdot$$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

$$\mathbf{B}^3 = 1/64 \cdot [1 \ 3 \ 3 \ 1]^T \cdot [1 \ 3 \ 3 \ 1] = 1/64 \cdot$$

1	3	3	1
3	9	9	3
3	9	9	3
1	3	3	1

$$\mathbf{B}^4 = 1/256 \cdot$$

1	4	6	4	1
4	16	24	16	4
6	24	36	24	6
4	16	24	16	4
1	4	6	4	1

Weitere Bildverbesserungsverfahren

- Lineare Bildverbesserung
 - Kantenoperatoren
 - Kantenattribute
 - Kanten und Rauschen
- Nichtlineare Filter
 - Rangordnungsfilter
 - Diffusionsfilter
- Segmentierung
 - Schwellwertbasiert
 - Shadingkorrektur

Butterworth-Hochpassfilter



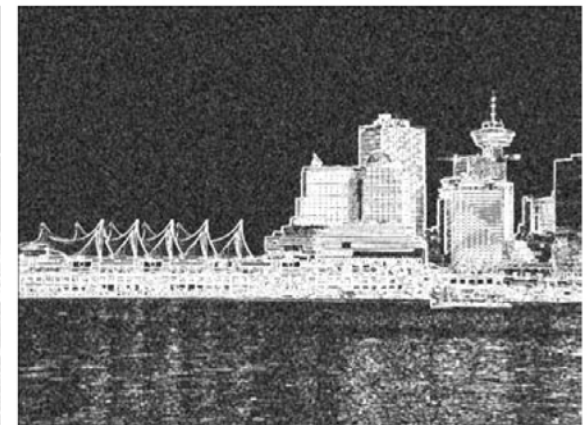
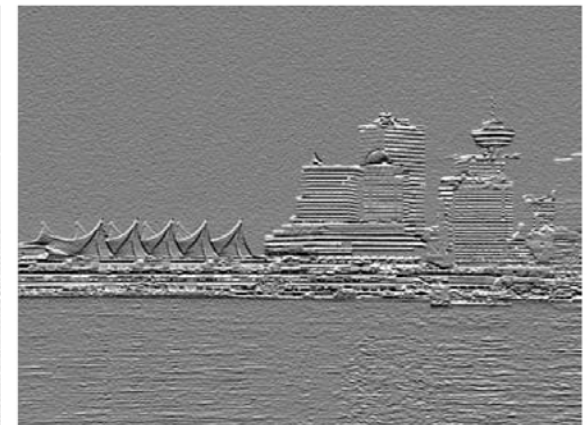
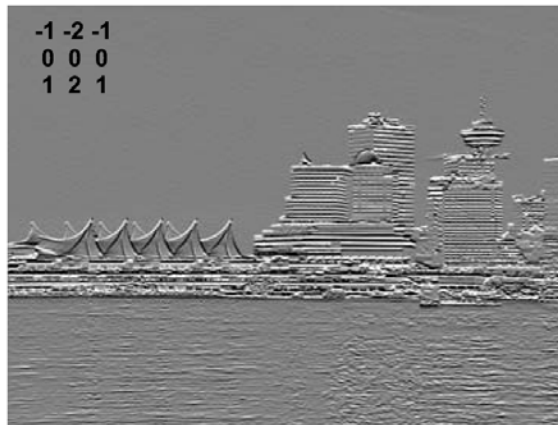
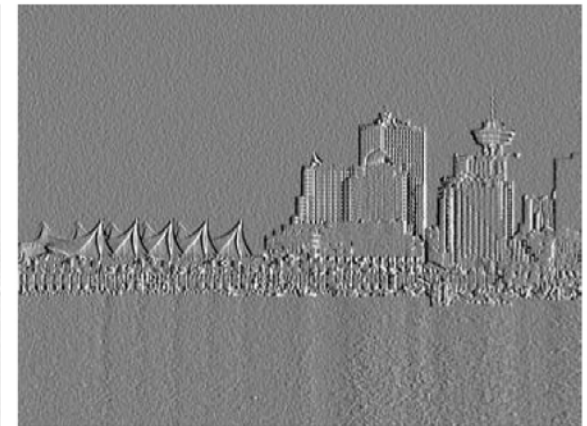
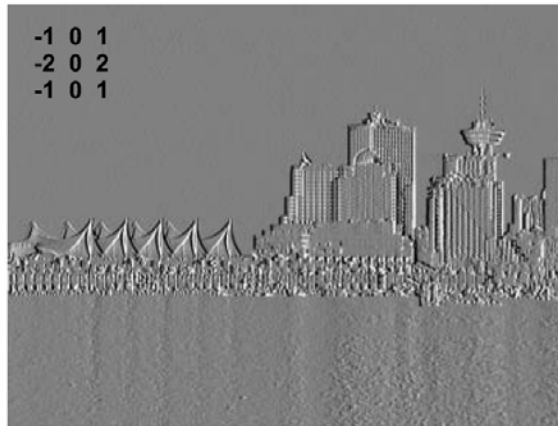
$$H_{F_{\max}}(u, v) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{F_{\max}^2}{u^2 + v^2} \right)^k} & u \neq 0 \vee v \neq 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$



Sobel Operator

$\begin{matrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{matrix}$
 und $\begin{matrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix}$

Faltungskern
 kombiniert
 Glättung und
 Differenzierung in
 einem Operator.



Kompassfilter

- Dienen der Hervorhebung von Kanten in einer bestimmten Richtung.
- Prewitt-Operator

$$h_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}, \quad h_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}, \quad h_3 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dots \quad h_8 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

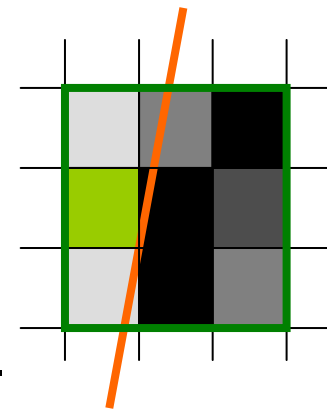
- Kirsch-Operator

$$h_1 = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & -5 \end{pmatrix}, \quad h_2 = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 \\ -5 & 0 & 3 \\ -5 & -5 & 3 \end{pmatrix}, \quad h_3 = \begin{pmatrix} -5 & 3 & 3 \\ -5 & 0 & 3 \\ -5 & 3 & 3 \end{pmatrix} \dots \quad h_8 = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 \\ 3 & 0 & -5 \\ 3 & -5 & -5 \end{pmatrix}$$

Laplace-Operator



- Nulldurchgänge des Laplace-Operators. Dunkle Pixel bezeichnen negative, helle Pixel bezeichnen positive Werte.

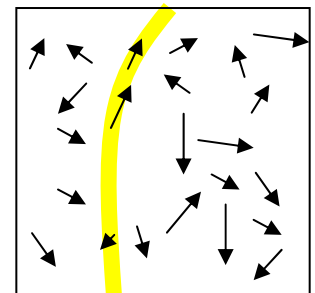
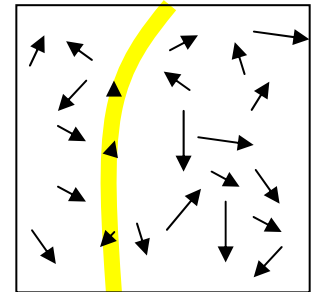
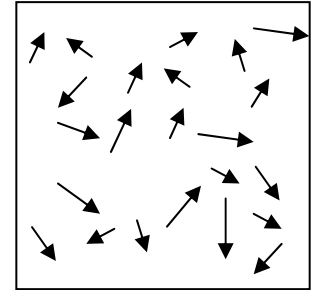


Medianfilter

- Annahmen:
 - Medianfilter ist quadratisch mit ungerader Seitenlänge.
 - Kantensignal ist größer als das Rauschsignal
 - Kante im Filterbereich verläuft in diesem Bereich (nahezu) gerade.
 - Grauwert ist (nahezu) konstant in einer Umgebung von Größe des Filters.
- Kante verläuft durch Filterbereich:
 - Der Mittelpunkt des Filters liegt auf der gleichen Seite der Kante wie die Mehrzahl der Pixel (z.B. rechts von der Kante).
 - Pixel von dieser Seite (z.B. rechts) wird selektiert (**kantenerhaltend**).
- Keine Kante im Filterbereich:
 - Median nähert sich dem Erwartungswert mit Anzahl der Stichproben (**rauschunterdrückend**).

Diffusion

- Homogene Diffusion: Szene besteht aus einem einzigen Material und die Diffusion ist proportional zum Dichtegradienten dieses Materials.
- Inhomogene Diffusion: Szene enthält Barrierematerialien, wo die Diffusion erschwert wird.
- Anisotrope, inhomogene Diffusion: Diffusion an Barrierematerialien ist richtungsabhängig.



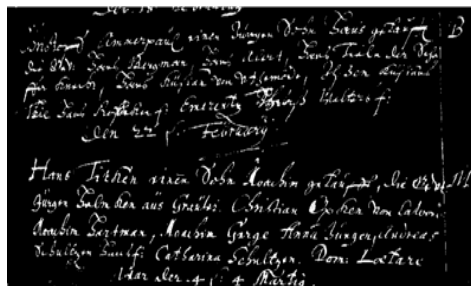
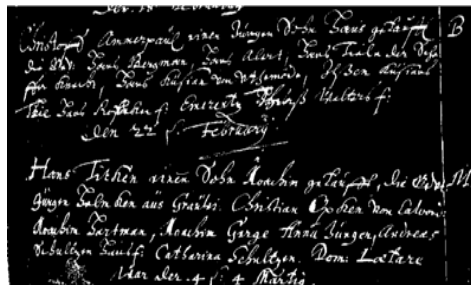
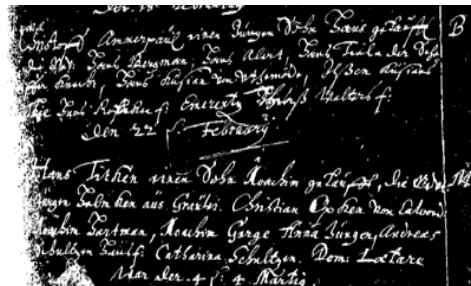
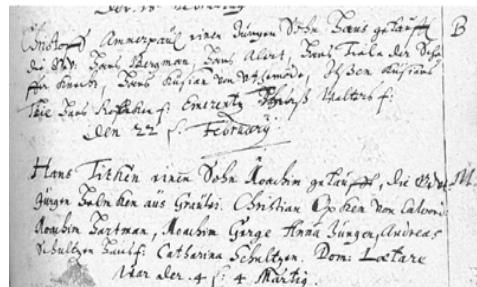
Segmentierung

Segmentierung

- Ziel: Pixelaggregate schaffen, denen Bedeutung zugeordnet werden kann
- Pixel gehören zusammen, wenn sie einem zusammenhängenden Gebiet angehören.
- Homogenitätsbedingung ist vom Bildinhalt unabhängig (Segmentierung ist datenbasiert).
- Modellbasierte Segmentierung: Zwitter zwischen Segmentierung und Analyse.



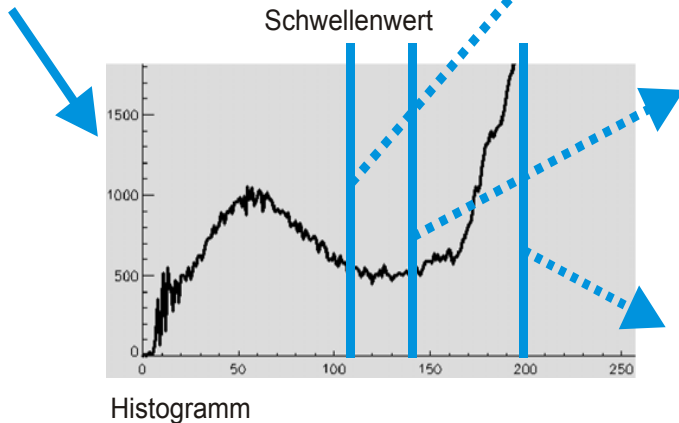
Histogrammbasierte Segmentierung



Annahme: Bild besteht aus zwei Anteilen die sich durch ihren Grauwert unterscheiden.

Aufgabe: Schwellenwert zwischen den beiden Grauwerten finden.

$$b(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{falls } f(i,j) > T \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$



Bildbasierte Segmentierung

- Segmentierung
 - Region labeling
 - Flood fill
 - Relaxation labeling
- Regionenbasierte Segmentierung
 - Multiskalenstrategien
 - Region Merging
 - Split-and-Merge
 - Textursegmentierung
- Kantenbasierte Segmentierung
 - Edge Linking und Canny Edge Operator
 - Nulldurchgänge
 - Wasserscheidentransformation

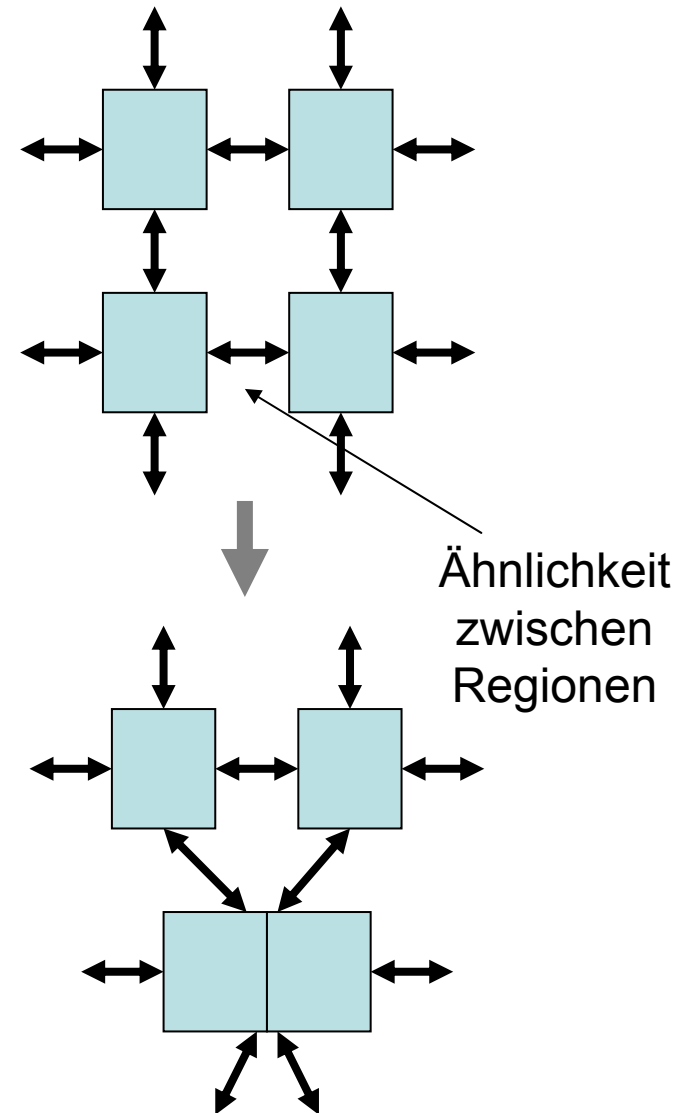
Region Merging

„von Pixeln zu Regionen“:

```
stopMerge = false
while not stopMerge do
  (r1,r2) =
    MaxSimilarity(region)
  if sim(r1,r2)>T then
    region.merge(r1,r2)
  else
    stopMerge=true
```

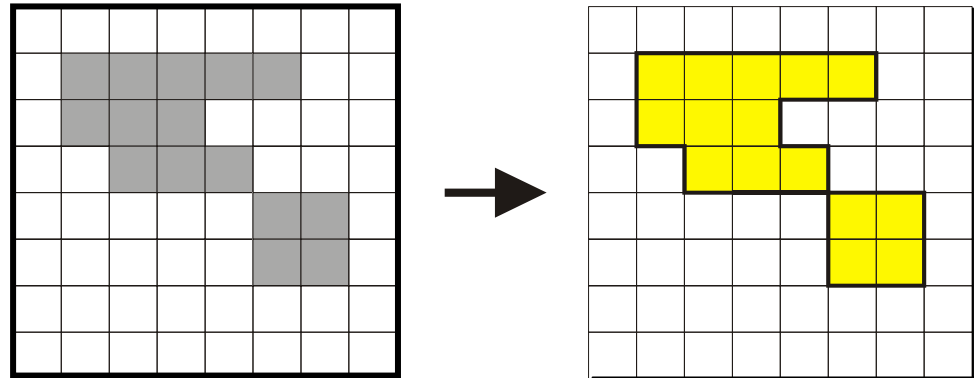
Bsp. f. Ähnlichkeitskriterium:
maximaler Grauwertunterschied
zwischen Pixeln von r1 und r2.

Region Labeling kann in den
Prozess integriert werden.



Split & Merge-Algorithmus

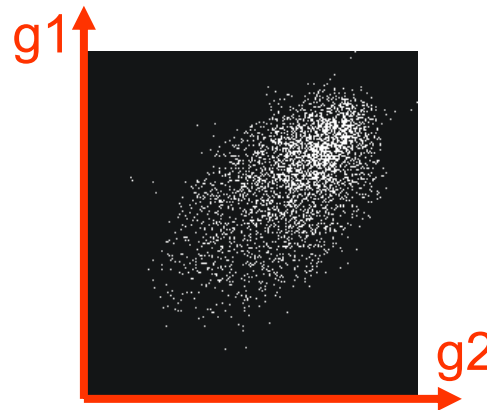
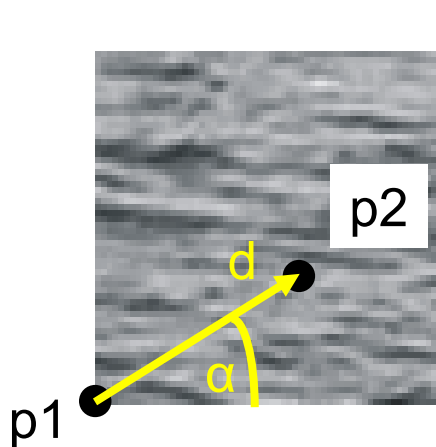
Regionenbasiertes
Verfahren



- **Startbedingung:** Das gesamte Bild ist ein Segment.
- Ein Segment wird solange in 4 Untersegmente zerlegt, wie es ein gegebenes Homogenitätskriterium nicht erfüllt
- Benachbarte Segmente werden zusammengefasst, wenn sie auch nach der Zusammenfassung das Homogenitätskriterium erfüllen.
- **Resultat** ist eine vollständige, überdeckungsfreie Zerlegung des Bildes (Segmentierung gemäß Definition)

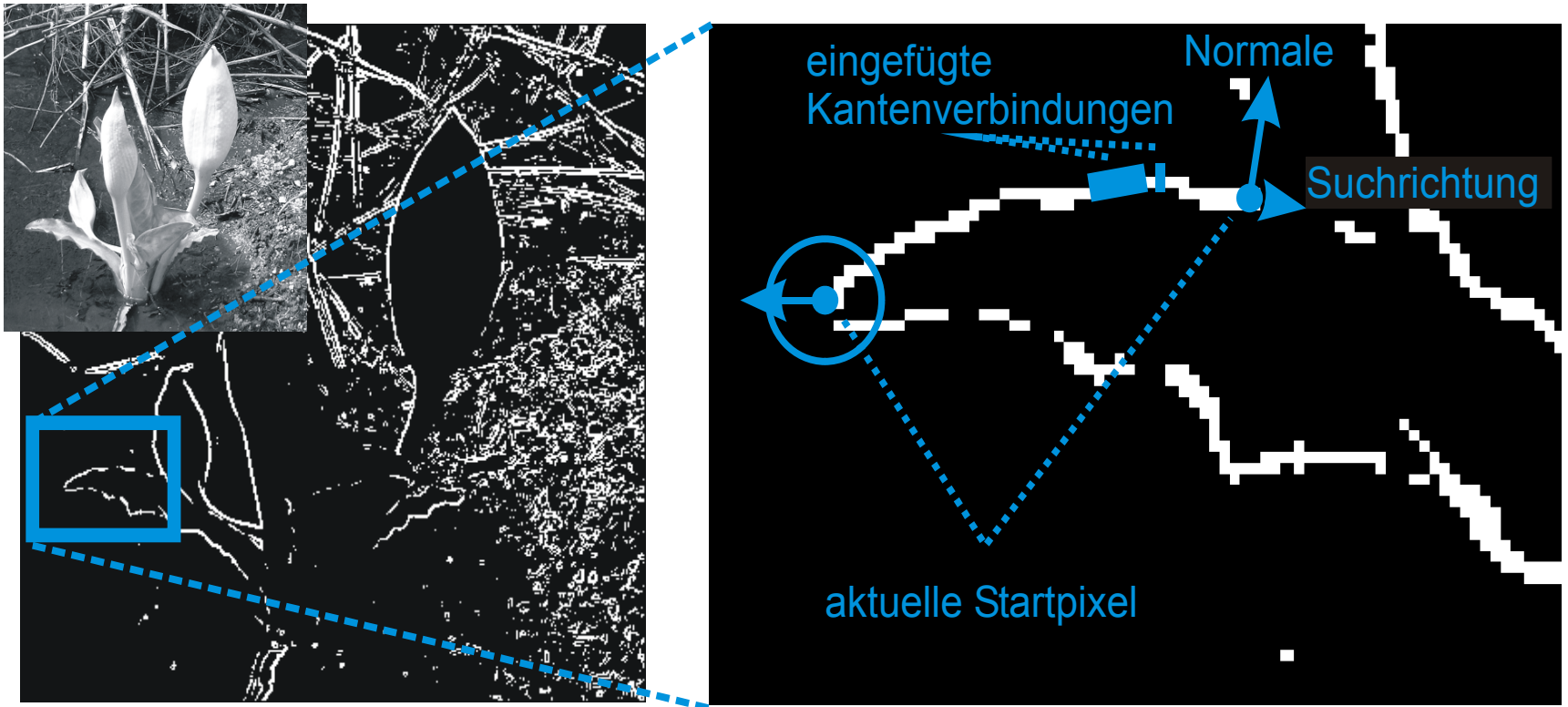
Haralick'sche Texturmaße

- **Co-Occurrence-Matrix** = Zweidim. Histogramm für Pixelpaare.
Pixel p_1 und p_2 sind ein Paar, wenn sie Abstand d haben und auf einer Linie mit einem gegebenen Winkel α zur x -Achse liegen.
- Co-Occurrence-Matrix repräsentiert die Korrelation zwischen Pixeln.
(Wahrscheinlichkeit P , dass p_1 und p_2 Grauwerte g_1 und g_2 haben)
- Meist sind Pixel nicht über große Entfernungen korreliert, daher sind Werte $d=1$, $d=2$ üblich.
- Falls Korrelation über größere Entfernung vermutet wird, dann sollte eine Multiskalenstrategie angewendet werden.



Robert Haralick

Edge Linking



Anfangs sind alle Kantenpixel frei und nicht untersucht.
Edge Linking sucht sich das nächste nicht untersuchte und freie Kantenpixel und versucht es mit anderen Pixeln zu einem Kantenzug zu verknüpfen.

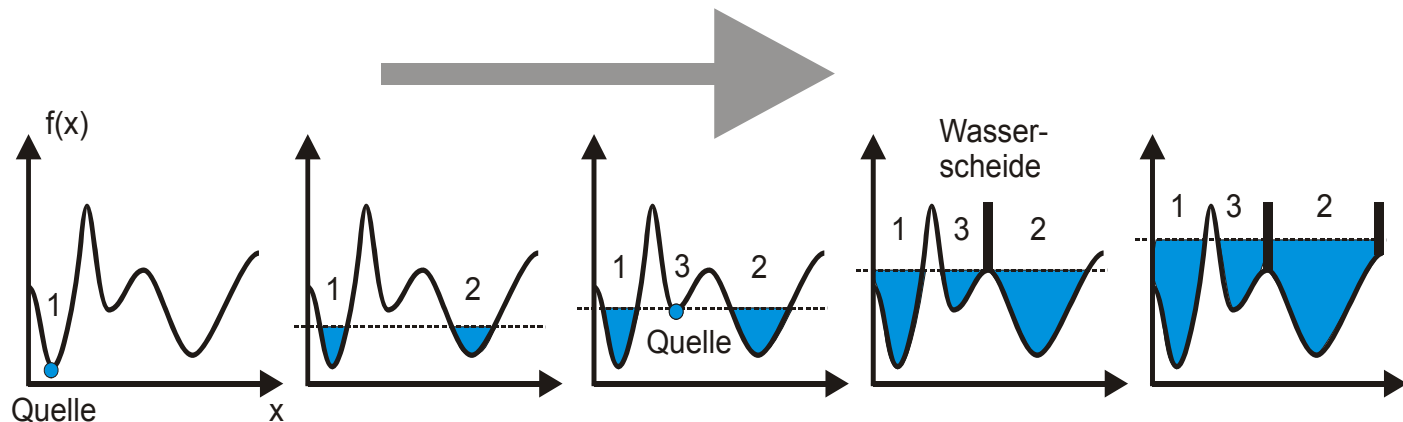
Wasserscheidentransformation

- Berechnung

Es fällt „Regen“ auf jedes Pixel. Anhand des Gradienten wird entschieden, wohin der Regen entwässert wird.

- Flutung

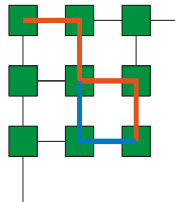
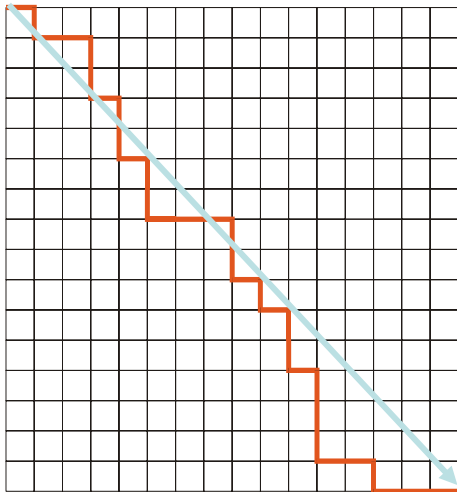
Die „Welt“ wird von den Senken her geflutet. Immer wenn Wasser aus zwei Senken zusammen fließt, entsteht eine Wasserscheide.



Modellbasierte Segmentierung

- Interaktive Suche
 - Region Growing
 - Kantenverfolgung
 - Markerbasierte WST
- Vollständige Suche
 - Template Matching
 - Hough Transformation

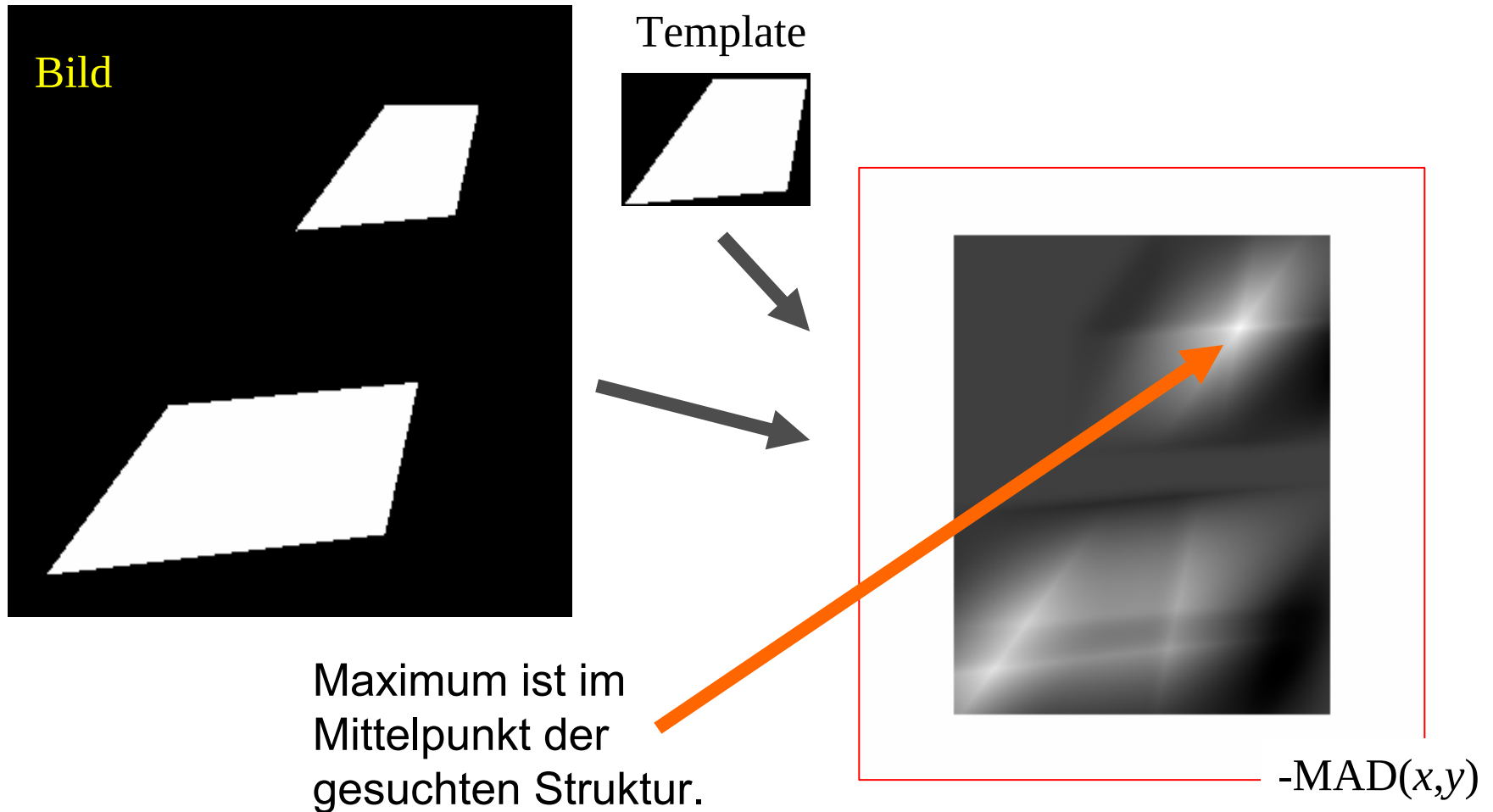
Optimale Kantenzüge (Graphensuche)



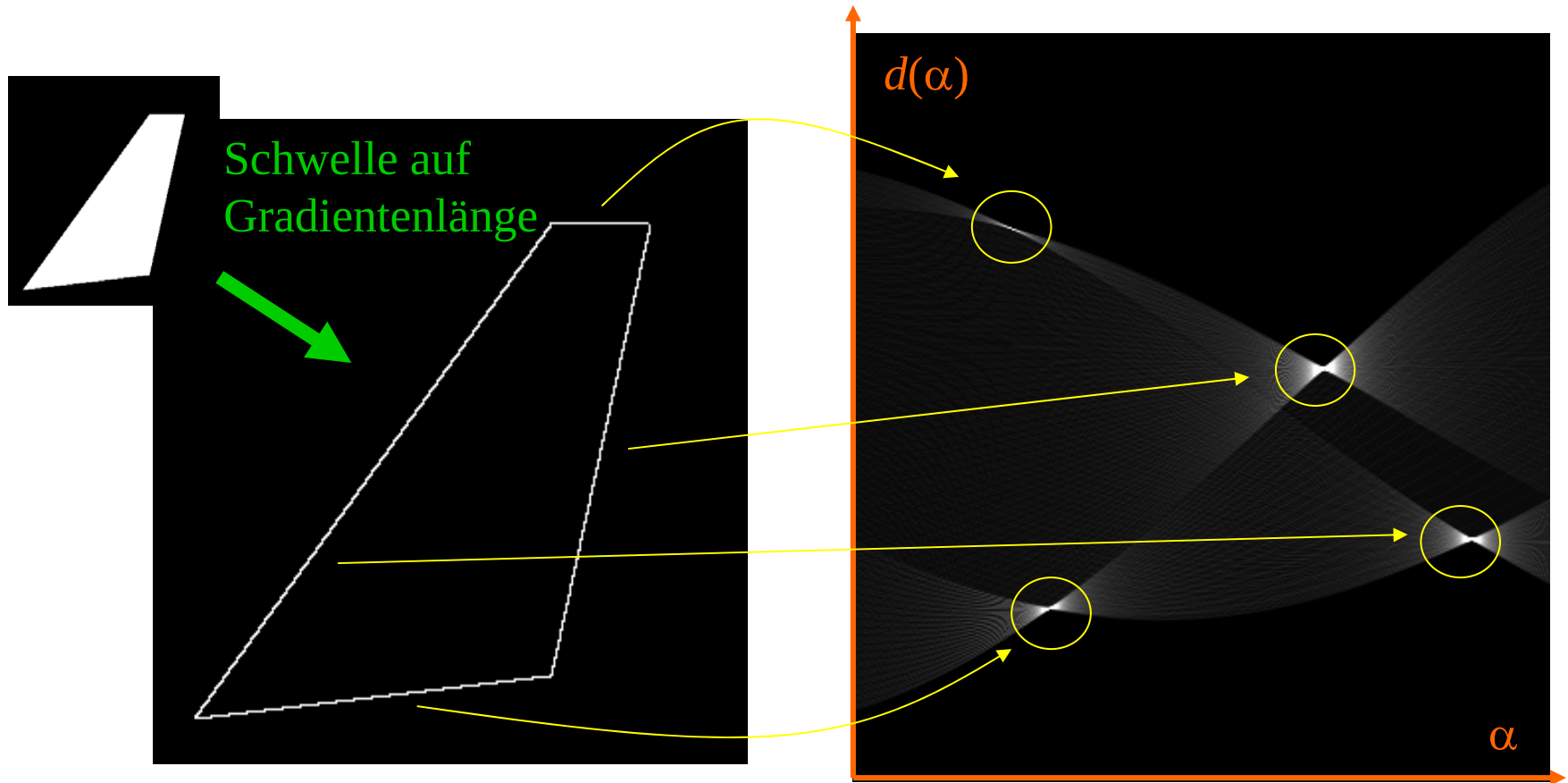
Optimalitätskriterien:

- Maximierung der (durchschnittlichen) Gradientenlänge
- Minimierung der Pfadlänge
- Minimierung der Richtungsänderungen
- Minimierung der Grauwertänderungen

Template Matching



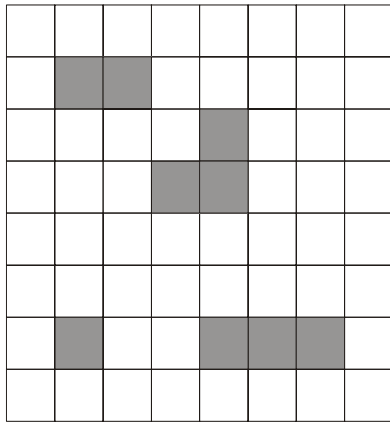
Hough Transformation



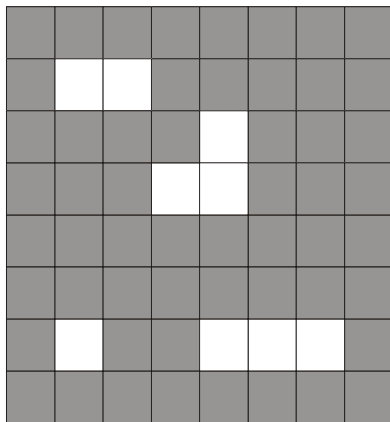
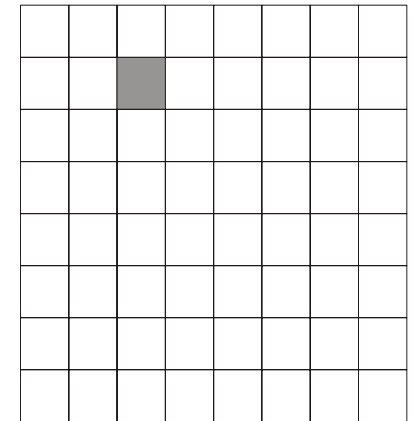
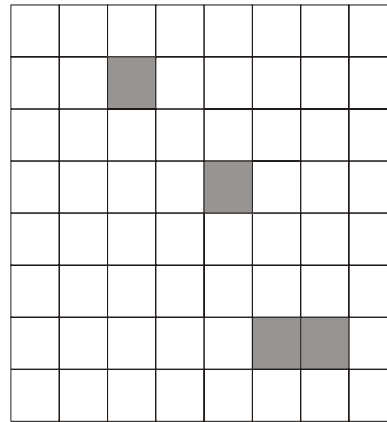
Morphologische Operationen

- Erosion und Dilatation
- Opening und Closing
- Ränder und Distanzen, Morphing
- Hit-or-Miss-Operator
- Skelettierung

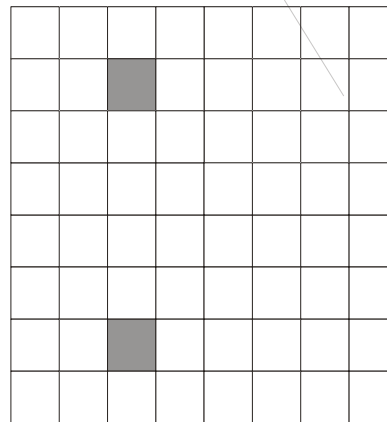
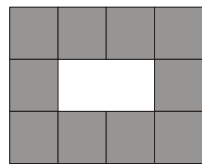
Hit-or-Miss Operator



Erodieren
mit



Erodieren
mit



Thinning mit Hit-or-Miss-Operatoren

$$S_{T1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ x & 1 & x \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$S_{T2} = \begin{pmatrix} 0 & x & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & x & 1 \end{pmatrix}$$

$$S_{T3} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ x & 1 & x \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$S_{T4} = \begin{pmatrix} 1 & x & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & x & 0 \end{pmatrix}$$

$$S_{T5} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 1 \\ x & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$S_{T6} = \begin{pmatrix} x & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & x \end{pmatrix}$$

$$S_{T7} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & x \\ 1 & 1 & 0 \\ x & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$S_{T8} = \begin{pmatrix} x & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & x \end{pmatrix}$$

Ziel: Skelettierung

Methode: Randpixel solange entfernen, bis die zusammenhängende Form aufgelöst werden würde.

Thinning-Operator von oben:

$$G \oslash S_T = G \setminus (G \otimes S_{T1})$$

Symmetrisches Thining:

$$G \oslash S_T = G \setminus \bigcup_{n=1,8} G \otimes S_{Ti}$$

Thinning wird wiederholt, bis $G \oslash S_T = G$ ist.

Klassifikation

Merkmale und Klassifikation

Klassifikation:

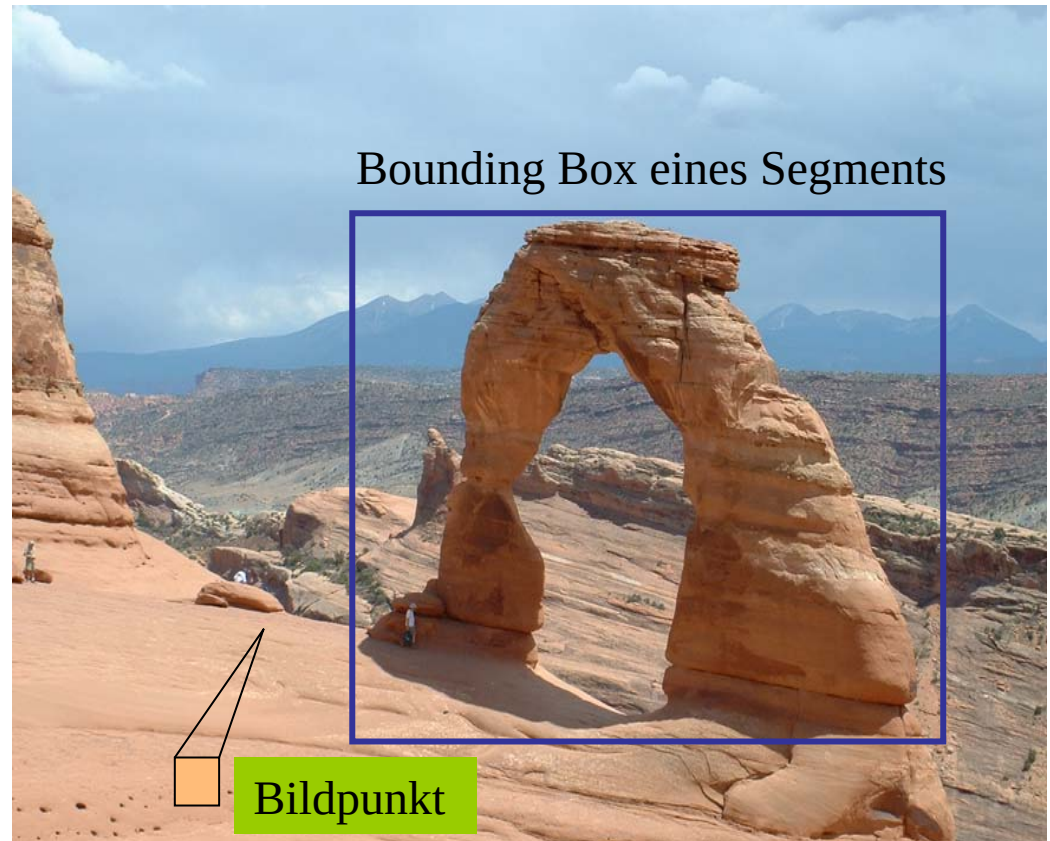
Zuordnung von Bedeutung zu

- Segmenten
- Segmentkombinationen
- Pixeln

Kriterium sind **Merkmale**, für die oft angenommen wird:

- durch Skalar repräsentierbar
- voneinander unabhängig

Merkmale können dann in einem **Merkmalsvektor** zusammengefasst werden.



Merkmalsabhängige Klassifikation

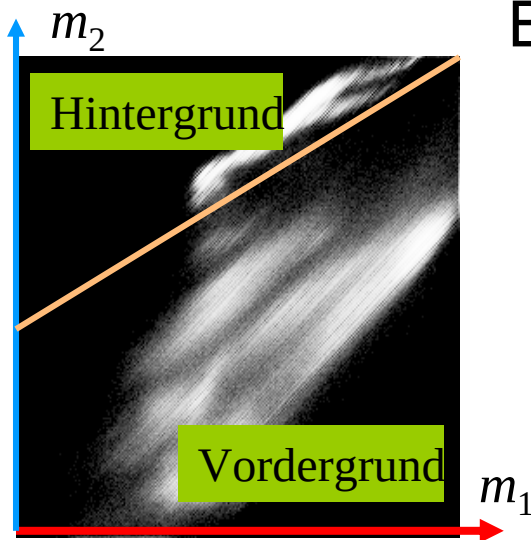


Klassifikation:

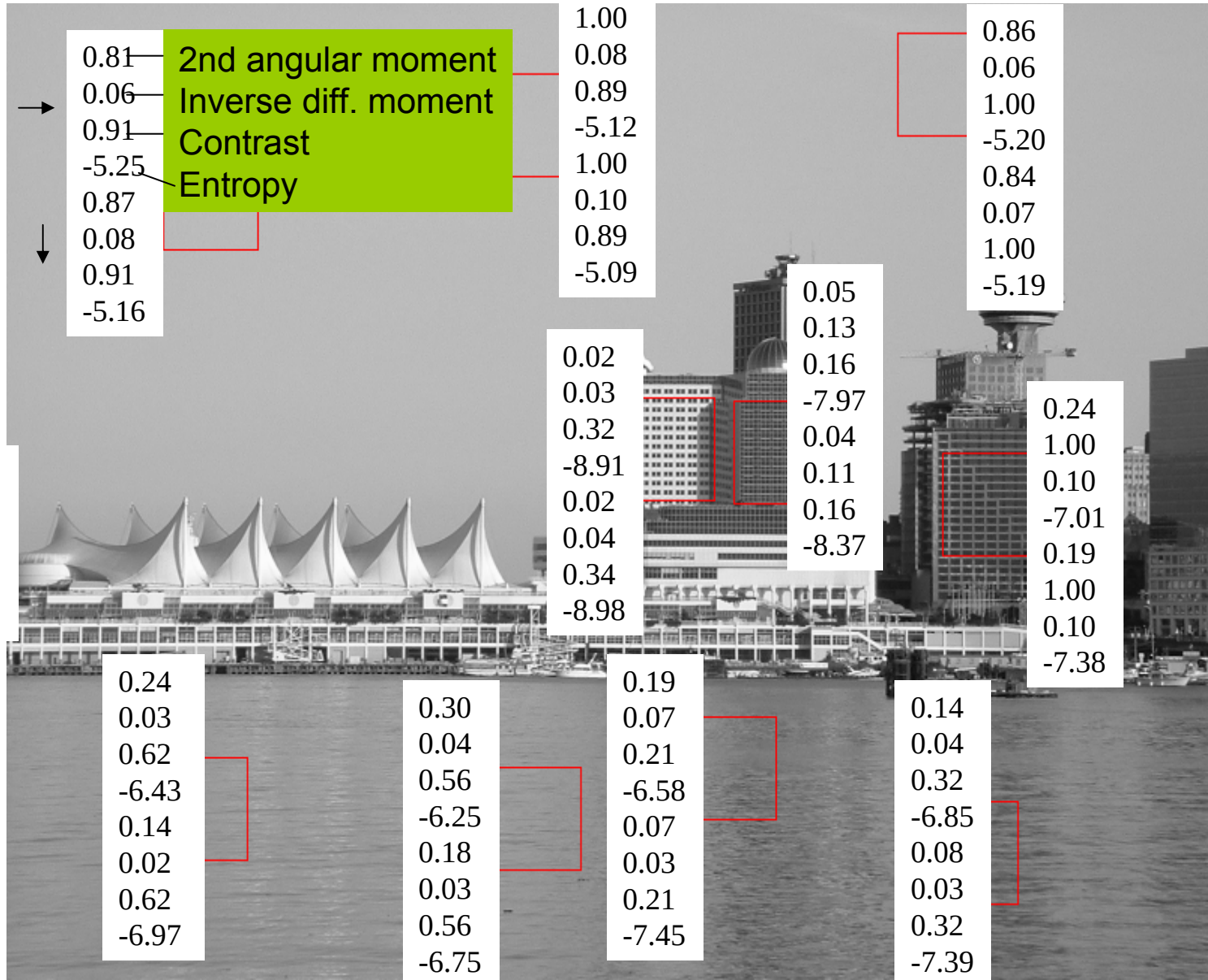
- Entscheidungsgrenze (Decision Boundary) im Merkmalsraum finden
- Allen Merkmalsträgern (hier: Pixeln) eine Bedeutung zuordnen.

Beispiel:

- Entscheidungsgrenze ist eine Gerade $a \cdot m_1 + b \cdot m_2 + c = 0$.
- Pixelklassifikation:
 $p(i,j) = \text{Vordergrund}$, falls $a \cdot m_1(p) + b \cdot m_2(p) + c < 0$,
Hintergrund, sonst.



Textur maße



Formmerkmale

Formmerkmale beschreiben das Äußere von Segmenten
(Formmerkmale von Pixeln sind nicht sinnvoll ;-)

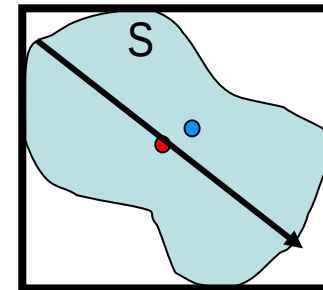
Allgemeine Merkmale:

- Mittelpunkt der Bounding Box
- Schwerpunkt m des Segments

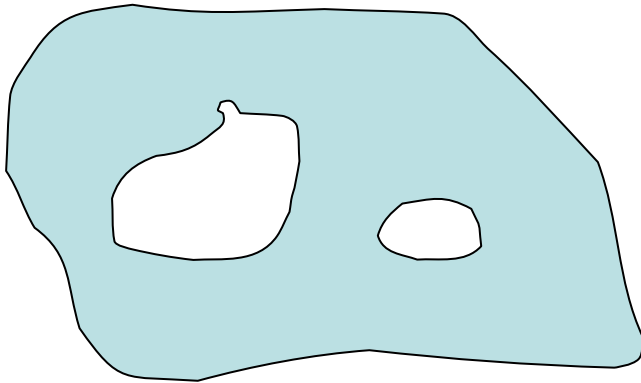
$$\vec{m}_g = \frac{1}{\sum_{p(i,j) \in S} p(i,j)} \sum_{p(i,j) \in S} \begin{pmatrix} i \\ j \end{pmatrix} \cdot p(i,j)$$

Translationsinvariante Merkmale

- Bounding Box.
- Richtung der größten Ausdehnung und Ausdehnung in dieser Richtung.



Topologische Formmerkmale



$$L=2$$

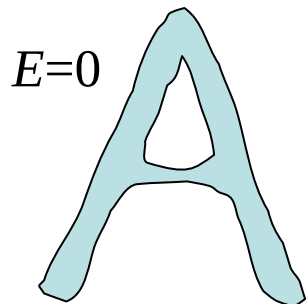
$$C=1$$

$$E=-1$$

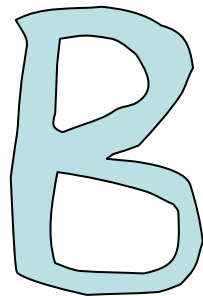
Topologische Merkmale ändern sich auch dann nicht, wenn sich die Form des Objektes verändert, solange es nicht „zerrissen“ oder „geklebt“ wird.

Beispiele:

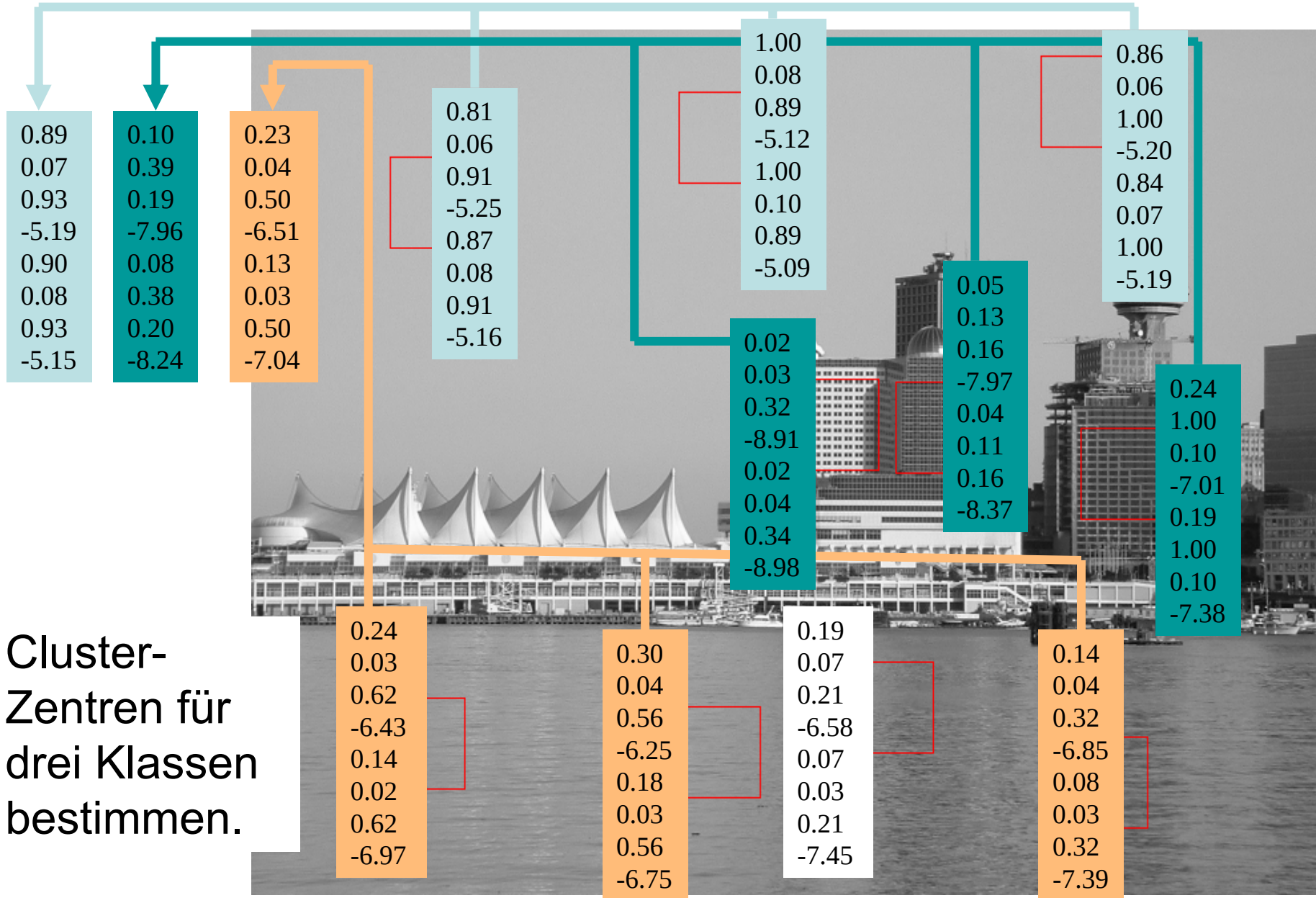
- Anzahl der Löcher L
- Anzahl C der verbundenen Strukturen eines Gebiets
- Eulerzahl: $E=C-L$



$$E=0$$



$$E=-1$$



Bayessche Klassifikation

Aus den Parametern der Testdatenmengen berechnete Verteilungsfunktionen:

$$P(\vec{m}|a) = \frac{1}{0.057\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(m_1 - 0.93)^2}{0.0064}\right) \frac{1}{0.041\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(m_2 - 0.66)^2}{0.0034}\right)$$

$$P(\vec{m}|b) = \frac{1}{0.076\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(m_1 - 0.75)^2}{0.0116}\right) \frac{1}{0.060\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(m_2 - 0.81)^2}{0.0072}\right)$$

Klassifikation eines unbekannten Segments mit Werten (0.83, 0.72):

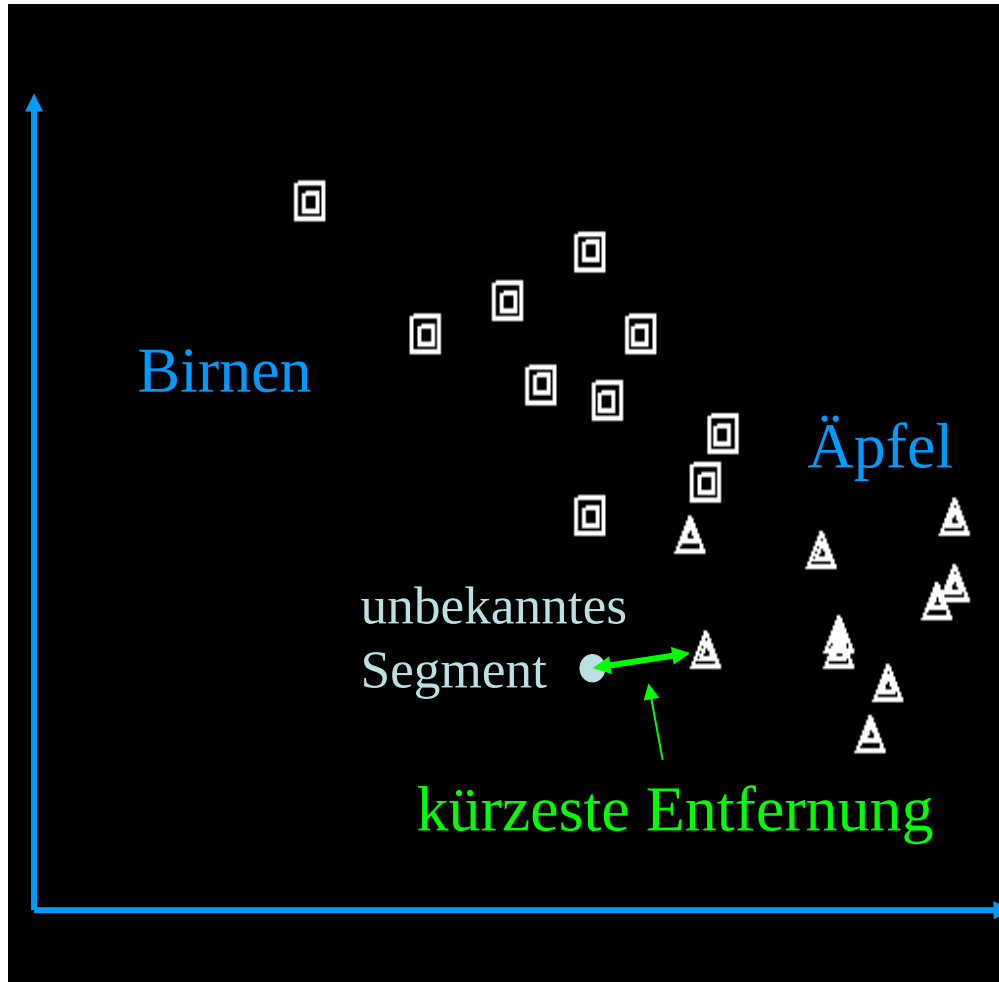
$$P(a|(0.83 \quad 0.72)) = \frac{P((0.83 \quad 0.72)|a) \cdot 0.67}{P((0.83 \quad 0.72)|a) \cdot 0.67 + P((0.83 \quad 0.72)|b) \cdot 0.33} = 0.61$$

$$P(b|(0.83 \quad 0.72)) = \frac{P((0.83 \quad 0.72)|b) \cdot 0.33}{P((0.83 \quad 0.72)|a) \cdot 0.67 + P((0.83 \quad 0.72)|b) \cdot 0.33} = 0.39$$

Tatsächliche Wahrscheinlichkeiten:

$P(a|(0.83 \quad 0.72))=0.60$ und $P(b|(0.83 \quad 0.72))=0.40$!

Single Nearest Neighbour

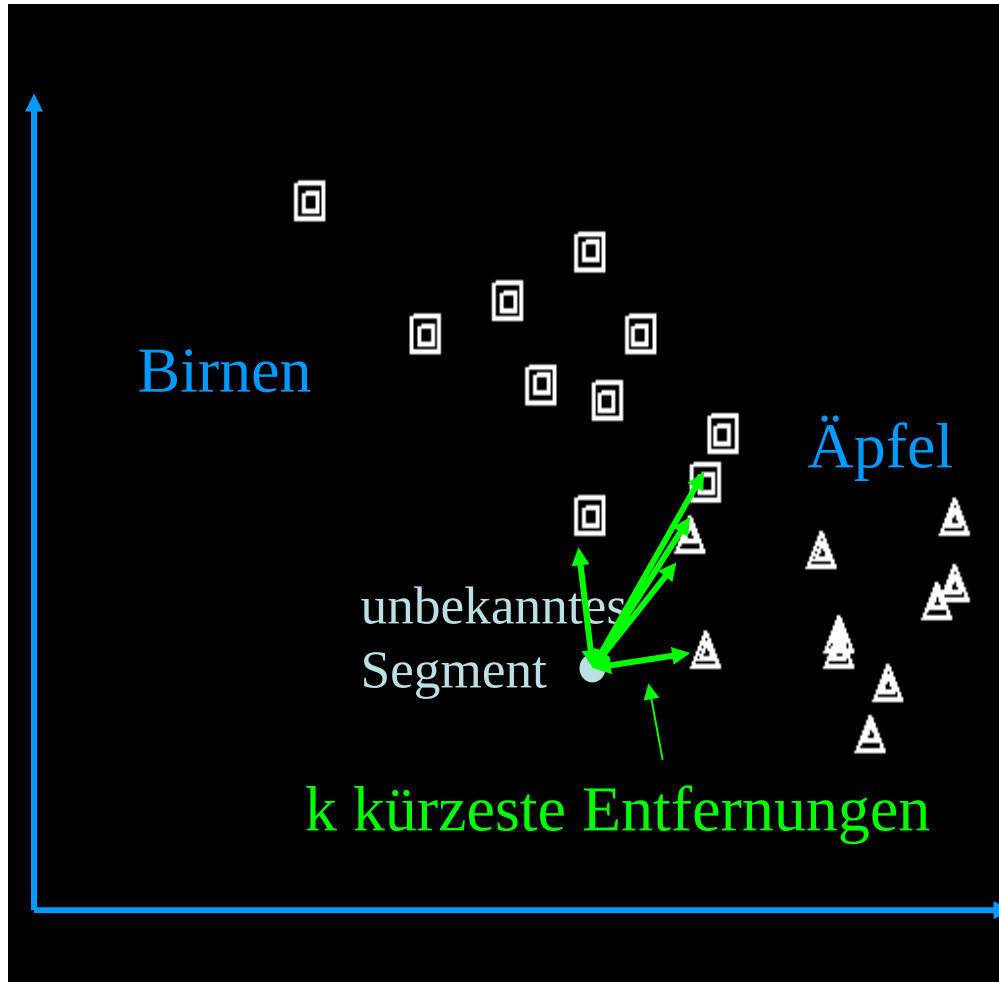


Für die zu bestimmende A-posteriori-Wahrscheinlichkeit wird die Umgebung **gerade so groß** gemacht, dass sie **eine klassifizierte Stichprobe c_k** umfasst.

Schätzung von $P(s=c_i|m(s))$:

$$\begin{aligned} P &= 1.0 && \text{für } c_i = c_k \\ P &= 0.0 && \text{sonst} \end{aligned}$$

k-Nearest-Neighbour (kNN)



Vergrößerung der Umgebung, so dass sie die k nächsten Nachbarn umfasst..

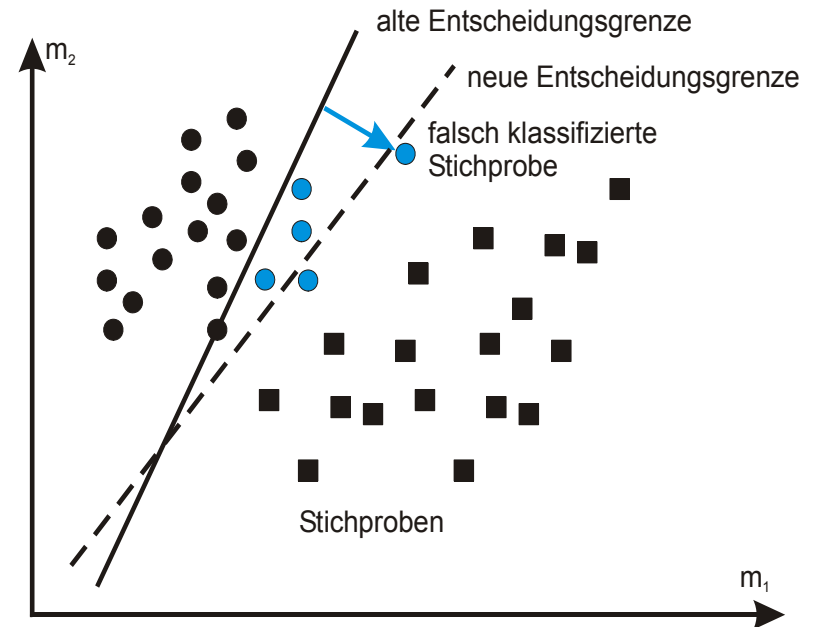
Schätzung von $P(s=c_i|m(s))$:

$$P = k_i / k$$

k_i : Anzahl der Stichproben, die der Klasse c_i angehören.

Entscheidungsgrenze finden

- Initialisiere die Gewichtungen $w_0, \dots, w_M$ mit kleinen Zufallswerten.
- Solange die Klassifikation nicht perfekt ist bzw. solange der durchschnittliche Klassifikationsfehler zu groß ist
- Wähle eine Stichprobe s aus dem Trainingsdatensatz und berechne $D(s)$
- Falls $\text{class}(s) \neq \text{sign}(D(s))$ dann (mit $a_1, a_2 > 0$)
 - $w_i := w_i + a_1 \cdot \text{class}(s) \cdot s_i$, für $i=1, \dots, M$
 - $w_0 := w_0 + a_2 \cdot \text{class}(s)$



Don't panic!

Prüfung, worst case:

12SWS = 30min. → 2DG $\leq$ 10 min.

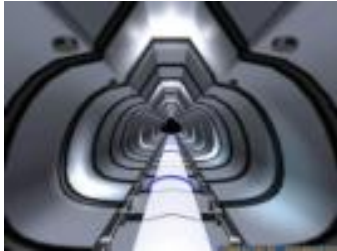
Geprüft wird Verständnis!

3D-Modellierung manuell und digital



- Blockpraktikum 2SWS in den Ferien
- 6 Tage: 25.-29.9. und 2.10. (1. Wiesn Woche)
- Gemeinsam mit der Kunstpädagogik (Dr. Guminski)
- Voraussetzungen: 3D-Graphik 1+2 (Hoppe)
- 1. Teil: modellieren mit Ton, Thema z.B. Würfel
 - 3D-scan der Ergebnisse
- 2. Teil: modellieren und animieren mit 3DSmax
 - auf Basis der handmodellierten Objekte
 - Animationsprinzipien, Inszenierung,...
- Ergebnis: Animationsfilm mit 7 Episoden
- Nur 7+7 Plätze
- Bei Interesse email an butz@ifi.lmu.de

Praktikum 3D Programmierung



- Wöchentliche Veranstaltung SoSe 2006, 2 SWS.
- Einführung in Grundlagen der 3D Programmierung.
- OpenGL, C++, Szenengraph-Bibliotheken, Animation, Interaktion.

Automatic Classification of Digital Pictures



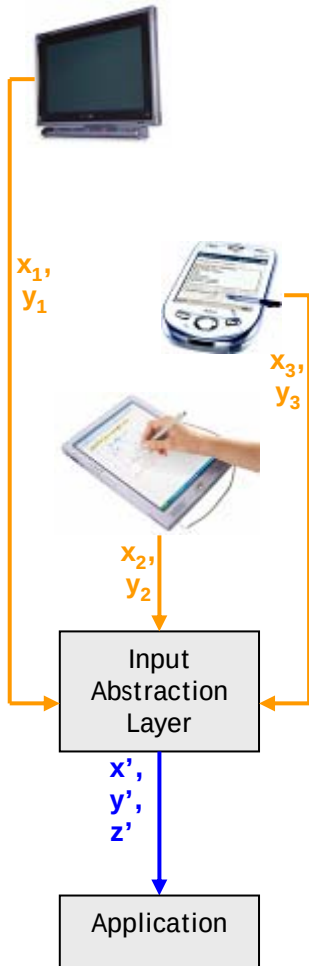
- With digital cameras everybody produces large amounts of pictures.
- Not all of them are worth viewing!!!
- Is it possible to (pre-)classify good and bad pictures automatically?
 - ❑ Find criteria for „good“ pictures e.g. pictures with human faces, good color balance, high contrast...
 - ❑ Implement algorithms to classify pictures according to these criteria.
 - ❑ Classes of images could be: landscapes, beaches, portraits, sunsets. Or ultimately good or bad.

Developing a Camera-based Video Capture and Access Server for the Kitchen (Project Thesis)



- Implement a capture server for recording videos with webcams
- Setup multiple cameras at meaningful positions:
 - ❑ over the cooking plate,
 - ❑ whole scene, etc.
- Implement an access server to display all videos on the wall (projector)
- Implement an access interface:
 - ❑ Main video with full size (the others with lower resolution)
 - ❑ Selection capability for the user, such as switching the videos' sizes

Designing an Input Abstraction Layer for Multiple Devices



- Fluidum Instrumented Room consists of various Display- and Input Devices.
- Devices should form one entity (from programmers point of view)
- Mechanism needed to abstract from device specific Input to higher level input events.

Implementation of a Hybrid Bimanual Interaction Technique for Large Display Systems



- Lack of mice and keyboards.
- Fixed spatial coordinates for menus do not work any longer.
- Truly parallel input and sharing of data with multiple users.
- Peepholes into information landscapes
 - ❑ Transparent overlay attached to the non-dominant hand
 - ❑ Reference frame for cognition and interaction.
 - ❑ Incorporates functionalities of a toolglass and controls for interaction
 - ❑ Allows customized views onto the data without interfering with the work of other users

Card Game Interaction – Implementation and Evaluation



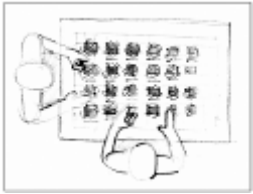
- Design and Implementation of a interaction technique to foster communication and colaboration. Based on the card game metaphor
- Information is manipulated within a personal working area.
- Card stack is used as a temporal tray for information.
- Information can be passed along to other users and/or displays

The Picture Collection of the Future



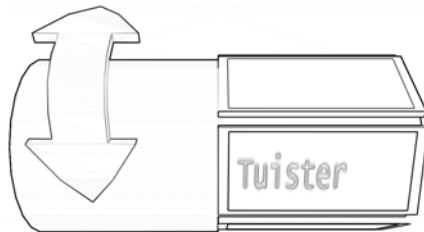
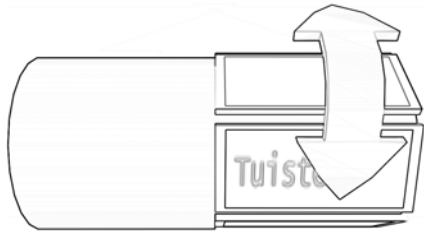
- > size of media collections
- > reproduction possibilities
- > storage possibilities
- > editing possibilities
- > sharability over distance
- < co-located social interaction
- < story telling
- < collaborative creation of collections

The Picture Collection of the Future II



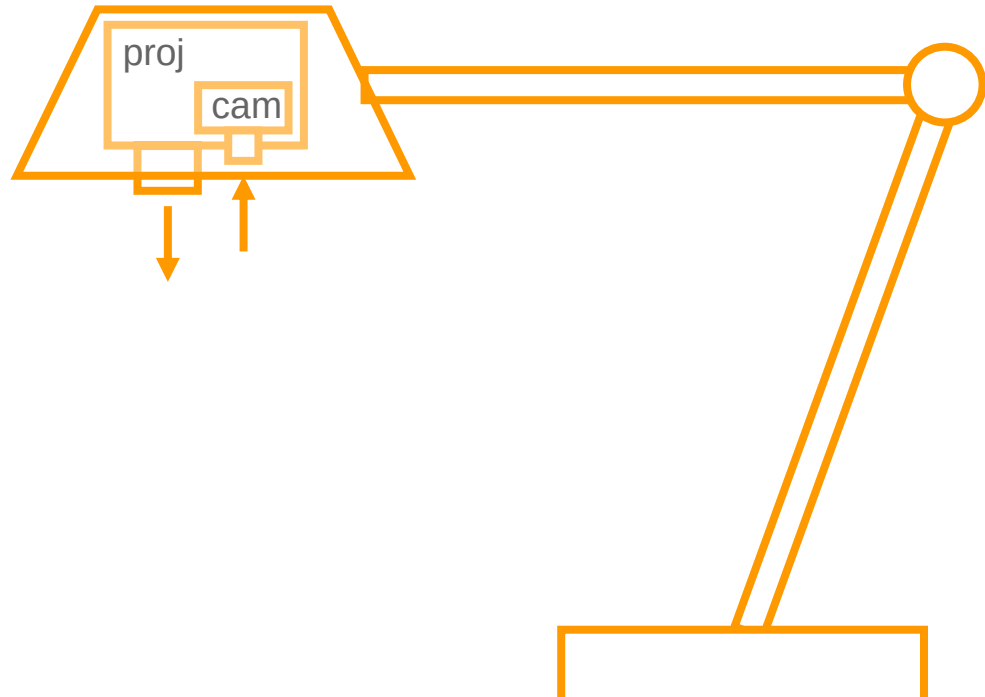
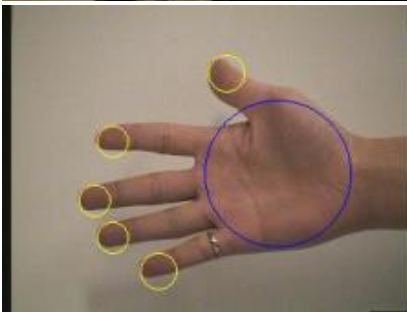
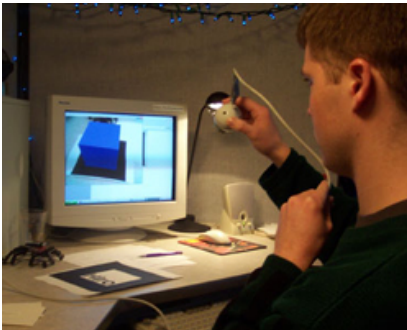
- Implementation of a collaborative table top picture browsing application.
- Shared natural interaction with semi-organized image collections.
- Interaction technique and visualization have to be implemented based on existing material.

Tuister: details of interaction and user study



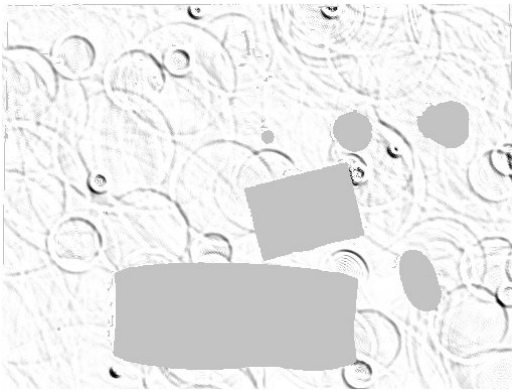
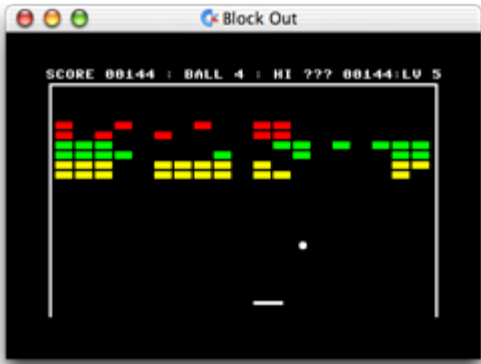
- Tangible UI for navigating hierarchies
- www.tuister.com
- Fully working prototype exists
- Details of interaction:
 - ❑ Speed of rotation
 - ❑ Threshold angle
 - ❑ Nonlinear motion?
 - ❑ Switch left/right?
- User study
 - ❑ Compare different variations
 - ❑ Compare against menu selection on PDA

Interactive Desk lamp: setup



- Build this! (groups welcome, help given)
- Implement a demo with it → ???

Interactive desk lamp: simple demo ideas



- Lamp: project a spot of light ;-)
 - ❑ Ambient display and notification
 - ❑ color, flash, patterns, ripples,...
- Desktop game:
 - ❑ Physical block for virtual blackout
 - ❑ Easy to do with AR Toolkit
- Lamp saver: recognize inactivity
 - ❑ Dim lamp, start screensaver
 - ❑ Water ripples, xroach, ???

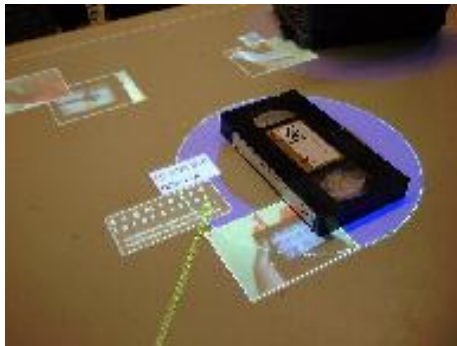
Interactive desk lamp: more demo ideas

■ Reading lamp:

- ❑ recognize text under it (via OCR)
- ❑ Recognize finger pointing to word
- ❑ Add annotations to the word
 - Google, LEO, wikipedia,...

When in the Course of human Events, it becomes necessary for one People to dissolve the Political Bands which have connected them with another, and to assume among the Powers of the Earth, the separate and equal Station to which the Laws of Nature and of Nature's God entitle them, a decent Respect to the Opinions of Mankind requires that they should declare the causes which impel them to the Separation.
We hold these Truths to be self-evident, that all Men are created equal, that they are endowed by their Creator with certain unalienable Rights, that among these are Life, Liberty and the Pursuit of Happiness -- That to secure these Rights, Governments are instituted among Men, deriving their just Powers from the Consent of the Governed, that whenever any Form of Government becomes destructive of these Ends, it is the Right of the People to alter or to abolish it, and to institute new Government, laying its

As unequal in many ways as humans may be, no one human or class of humans is superior to another human or class of humans.



■ X-ray lamp:

- ❑ Recognize objects under it
 - Floppy, memory card, CD,...
- ❑ Add annotations to objects

Interactive desk lamp: even more ideas



- Card game lamp
 - ❑ Watch a card game, recogn. cards
 - ❑ Check against game rules
 - ❑ Count scores automatically
 - ❑ Give subtle hints to players

- Your ideas here...