



**Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg**

Einführung Medieninformatik



# Digitale Bild- und Signalverarbeitung

## Prinzipien und Anwendungen

---

Wolfgang Heiden



© Prof. Dr. Wolfgang Heiden  
Fachbereich Informatik  
Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg,  
53754 St. Augustin

[wolfgang.heiden@fh-bonn-rhein-sieg.de](mailto:wolfgang.heiden@fh-bonn-rhein-sieg.de)



## Signalverarbeitung

- A/D-Wandlung:
  - analoges Eingangssignal
  - Filterung:
    - Hochpass, Tiefpass, Bandpass, ...
- Digitalisierung
  - Abtastung (Diskretisierung), Quantisierung
- Codierung, Kompression
- Modifikation, Analyse

WS 2006/07

Bild- und Signalverarbeitung

2

Was ist ein Signal?: deterministische Änderung einer physikalischen Größe

- enthält Information
  - kann sich durch Raum und Zeit transportieren
- kontinuierliche Änderung: analoges Signal (menschl. Wahrnehmung)

Diskretisierung (Abtastrate!)

- Audio: zeitliche Auflösung (Frequenz)
- Bild: räumliche Auflösung (Punkte je Zoll)

Quantisierung (Genauigkeit!)

Anzahl der Bits je Abtastwert (Quantisierungsfehler!)



## Pulse code modulation (PCM)

Prinzip: Abtastung + Quantisierung + Kodierung (z.B. binär)

Abtastfrequenz x Wortlänge der Quantisierung = Datenrate

CD	44100 Hz	x	16 Bits	=	705600 Bits / sec
ISDN	8000 Hz	x	8 Bits	=	64000 Bits / sec
Helligkeitswerte eines digitalen Fernsehsignals	13500000 Hz	x	8 Bits	=	108 MBits / sec

"Rohdatenrate" des digitalen Signals  
= Rate des PCM codierten analogen Signals

Die PCM stellt die einfachste digitale Codierung (analoger) zeitvariabler Signale dar.



## PCM codierte Bild- und Audiosignale

- Audio
  - Quantisierte Amplitudenwerte (= Samples vom Audio-Device) in aufeinanderfolgenden Speicheradressen, angeführt von einem Header, der nähere Angaben zum verwendeten Format macht (Abtastrate, Wortlänge, Mono/Stereo)
- Bilder (bspw. von einer Framegrabberkarte)
  - zeilenweise Pixel in aufeinanderfolgenden Speicheradressen
  - w: Breite des Bildes, h: Höhe des Bildes → w\*h Pixel

0	→	w-1	Was ist ein Pixel ...	
w	→	2*w - 1	... in der Computergrafik?	3 Bytes
2*w	→	3*w-1	... bei einem Grauwertbild?	1 Byte
			... bei einem Schwarz-Weiß Bild?	1 bit

WS 2006/07

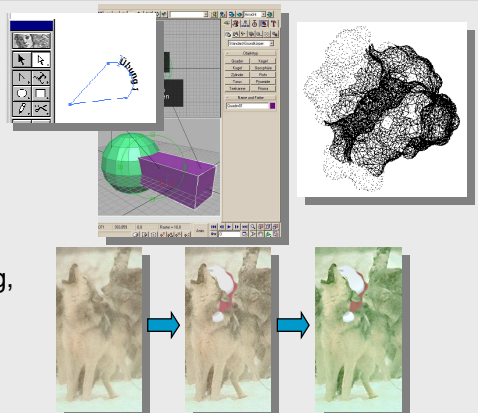
Bild- und Signalverarbeitung

4



## Arbeitsfelder der Bildverarbeitung (1)

- Bildsynthese
  - (3D-) Modellierung
  - automatisch aus Meßwerten
- Bildverbesserung / Bildbearbeitung
  - Rauschunterdrückung, Retusche, etc.
- Bildrestauration
  - Korrektur, Filterung



WS 2006/07

Bild- und Signalverarbeitung

5



## Arbeitsfelder der Bildverarbeitung (2)

- Bildanalyse / Mustererkennung

- Segmentierung
- Klassifikation



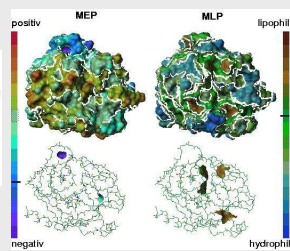
- Bildkompression

- Standbilder (mit/ohne Verlust)
- Bewegtbilder



- Bildverstehen

- wissensbasierte Erkennung



WS 2006/07

Bild- und Signalverarbeitung

6



## Methoden der BV

- **Fouriertransformation** (und Derivate)

- Reihenentwicklung zur Auflösung anharmonischer Schwingungen: Rhythmus-/Muster-Erkennung

- **Optische Filter**

- Veränderung der Farb- bzw. Helligkeitswerte von Bildpunkten in Bezug auf deren Umgebung

- **Co-occurrence-Matrix**

- relative Lage von Farbwerten zueinander
- Maß für Homogenität

- **Segmentierungsverfahren**

- Schwellenwerte, Gebietswachstum

- **Künstliche Intelligenz (KI)**

- Neuronale Netze (lernfähige Systeme)
- Unscharfe Logik (fuzzy logic)

WS 2006/07

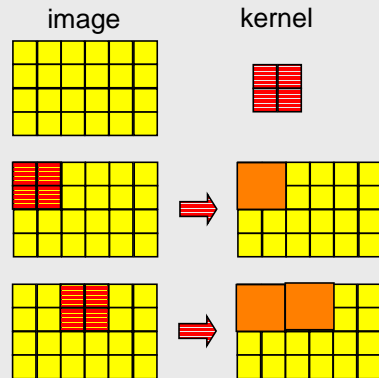
Bild- und Signalverarbeitung

7



## Faltungsfiler

- „Faltung“ (*convolution*) = ~wandernde Matrixmultiplikation zur Bildveränderung
- Der Filterkern (*kernel*) bewegt sich über das Ausgangsbild und berechnet an jeder Position einen Ausgabewert.



Quelle: [www.dai.ed.ac.uk/HIPR2/convolve.htm](http://www.dai.ed.ac.uk/HIPR2/convolve.htm)

$$O(i, j) = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n I(i+k-1, j+l-1) K(k, l)$$

WS 2006/07

Bild- und Signalverarbeitung

8

„Faltung“ (*convolution*) bezeichnet die Multiplikation zweier Matrizen (i.d.R. unterschiedlichen Formats aber gleicher Dimensionalität) zur Erzeugung neuer Matrixwerte durch Linearkombination der alten.

Der (kleinere) Filterkern (*kernel*) bewegt sich über das (größere) Ausgangsbild und berechnet neue Werte an seiner jeweiligen Position.

Grundsätzlich bestehen verschiedene Möglichkeiten für die Schrittweite und die Behandlung der Randbereiche, so z.B. exakte Passform, Pixelweise vorrücken, Ränder extrapolieren, Ränder abschneiden, ...



## Optische Filter

- Mittelwertfilter
    - Jedes Pixel erhält den Mittelwert aller angrenzenden Bildpunkte.
  - Gauß-Filter
    - gewichtete Mittelwertbildung
  - Median-Filter
    - statistischer Bildfilter
  - Sobel-Filter
- } Kanten-Glättung
- Kanten-Erkennung

WS 2006/07

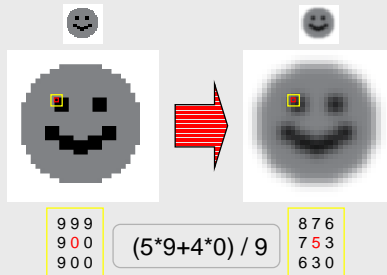
Bild- und Signalverarbeitung

9



## Mittelwertfilter

Jedem Bildpunkt wird das **arithmetische Mittel** aller angrenzenden Bildpunkte zugewiesen.



- Faltungsfiler mit Kernel
  - 1/9 1/9 1/9
  - 1/9 1/9 1/9
  - 1/9 1/9 1/9
- Schrittweite:  
1 Pixel des Originals
- Wertzuweisung je an zentrales Pixel
- Weichzeichnungseffekt

WS 2006/07

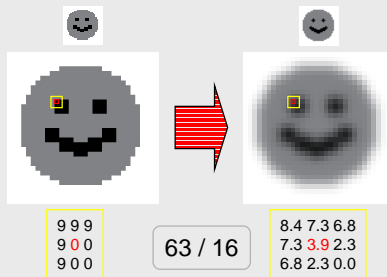
Bild- und Signalverarbeitung

10



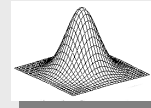
## Gauß-Filter

Ein **gewichteter Mittelwert** bildet die Grundlage für die neuen Werte der Bildpunkte.



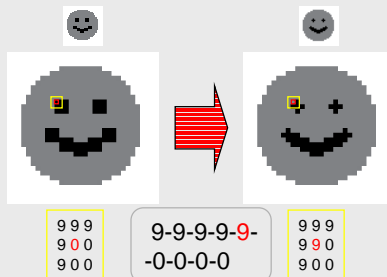
63 / 16

- Gauß-Glockenkurve für Wichtung der Beiträge angrenzender Bildpunkte
- z.B. Wichtungs-Kern  $\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$
- selektiver Weichzeichner, erhält starke Kontraste



## Median-Filter

Unter den angrenzenden Werten wird der mittlere in auf- od. absteigender Reihe ausgewählt.



9-9-9-9-  
-0-0-0-0

- Sortierung der Pixel-Werte
- Auswahl des zentral gelegenen Wertes
- aussch. Verwendung bestehender Werte
- Kantenglättung ohne Weichzeichnung



## Sobel-Filter zur Kantendetektion

- zwei 3x3 Filterkerne, zueinander 90° rotiert
  - $\begin{matrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{matrix}$
  - $\begin{matrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$
- Erkennung von Kanten
  - optimiert für senkrechte und waagerechte Kanten
  - Empfindlichkeit richtungsabhängig

WS 2006/07

Bild- und Signalverarbeitung

13



## Bildanalyse

- Segmentierung
  - Aufteilung (eines Bildes) in zusammenhängende Bereiche
- Klassifizierung
  - Kategorisierung, Vergleich
    - = Auge etc.
- Interpretation
  - Bewertung, Schlussfolgerungen
  - z.B. Vordergrund, Hintergrund, etc.
  - OCR (Texterkennung)

WS 2006/07

Bild- und Signalverarbeitung

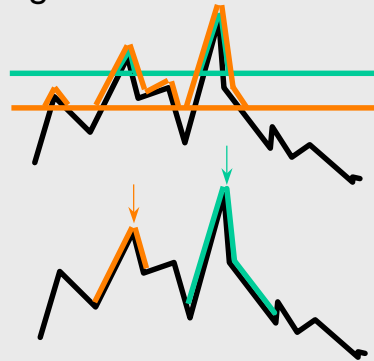
14



## Segmentierung

### Trennung zusammenhängender Bereiche

- Schwellenwerte
- Gebietswachstum



## Literatur

- *Henning: Taschenbuch Multimedia*
  - 2.1, 9.2
- *Hypermedia Image Processing Reference*
  - <http://www.dai.ed.ac.uk/HIPR2/>



## Praktikum #08: Bildverarbeitung

- Bearbeiten Sie Pixelbilder mit einem Bildverarbeitungs-Programm (Photoshop, GIMP, ImageJ, etc.)
  - Vergrößern Sie ein kleines Bild, das menschliche Gesichter zeigt und schärfen Sie diese mithilfe von geeigneten Filtern nach.
  - Erzeugen und entfernen Sie Rauschen in einem Bild.
  - Wenden Sie verschiedene Weichzeichnungsfilter auf ein Portrait-Bild an und beschreiben Sie die unterschiedlichen Effekte, besonders hinsichtlich der Erhaltung von Kanten.
- Dokumentieren Sie Ihre Erkenntnisse anhand von Bildbeispielen.