

# **Vorlesung: Angewandte Sensorik**

**Prof. J. Zhang**

zhang@informatik.uni-hamburg.de

**Universität Hamburg**

Fachbereich Informatik

AB Technische Aspekte Multimodaler Systeme

20. Januar 2004

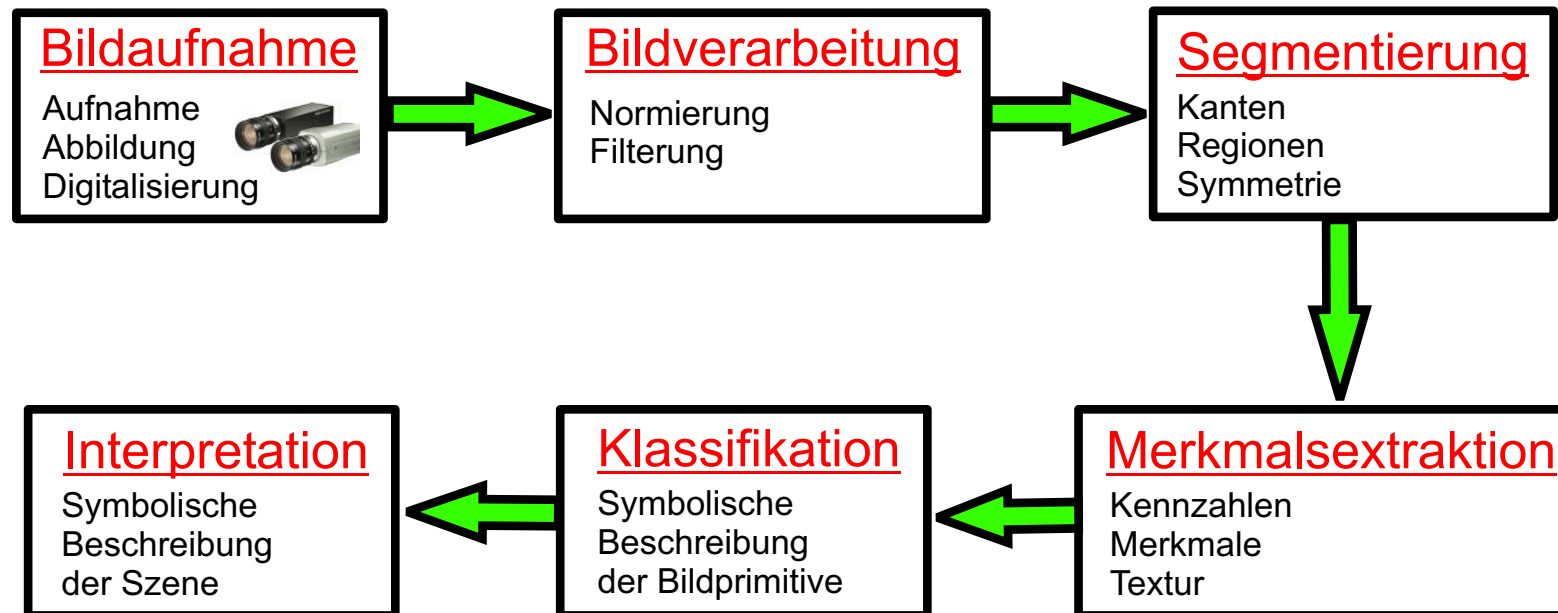
# Inhaltsverzeichnis

6. Bildverarbeitung . . . . .	415
Aufbau eines Bildverarbeitungssystems . . . . .	.416
Bildaufnahme . . . . .	.417
Bildvorverarbeitung . . . . .	.421
Lokale Operatoren . . . . .	.427
Symmetrie . . . . .	.437
Merkmale . . . . .	.444
Mustererkennung . . . . .	.445
Binäre Bildverarbeitung . . . . .	.446

# Bildverarbeitung

- Grundlage für alle Verfahren mit Sichtsystemen
- Bildverarbeitung schwierig:
  - ◆ Mensch nutzt Kontext und Weltwissen.
  - ◆ In der Vorverarbeitung schon Nutzung von *präattentiven Effekten* (Gestaltgesetze).
- Im Folgenden nur ein kurzer Einblick in die Bildverarbeitung.
- Details in entsprechenden Vorlesungen.

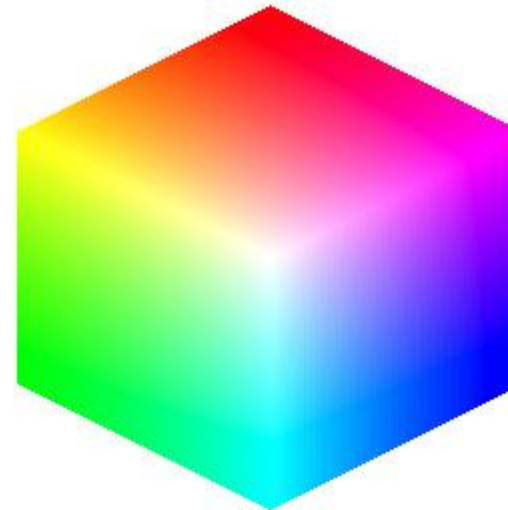
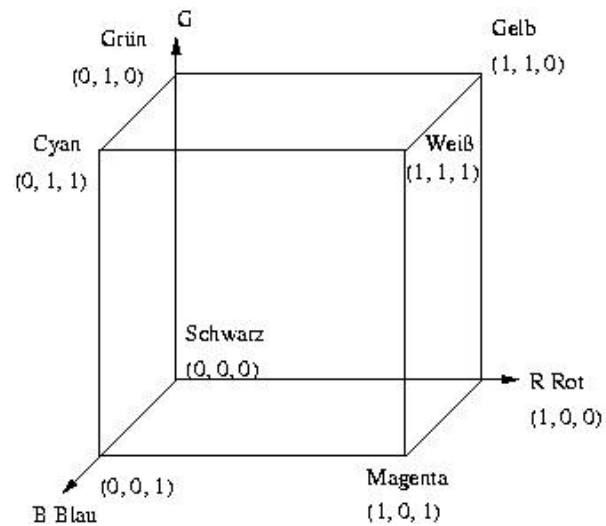
# Aufbau eines Bildverarbeitungssystems



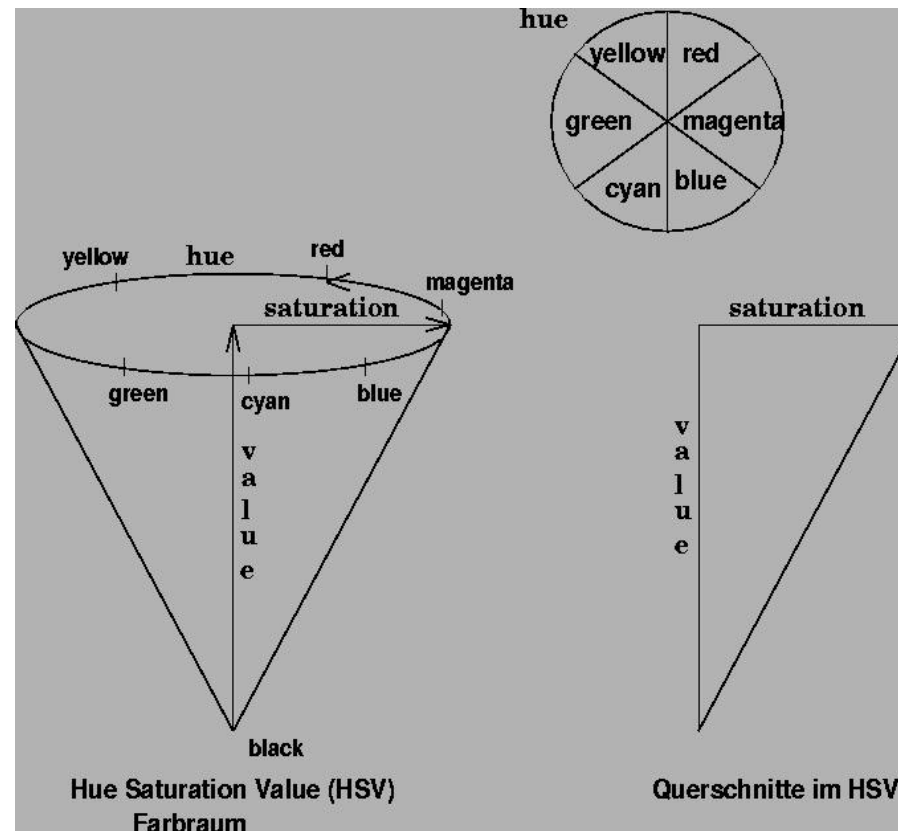
# Bildaufnahme

- **Ziel:** Abbildung einer dreidimensionalen Szene in ein digitales Bild.
- **Sichtbarmachung:** Nutzung physikalischer Prozesse
  - ◆ Reflexion (Photographie)
  - ◆ Absorption (Röntgenaufnahme)
  - ◆ Emission (Radioastronomie)
- Sichtbares Licht:  $400\text{ nm}$  bis  $800\text{ nm}$  (kontinuierliches Spektrum)
- **Farbräume:** RGB, HSI, YUV, etc.
- **Abbildung:** Kameramodelle (z.B. Lochkameramodell)
- **Digitalisierung:** Abtastung und Quantisierung

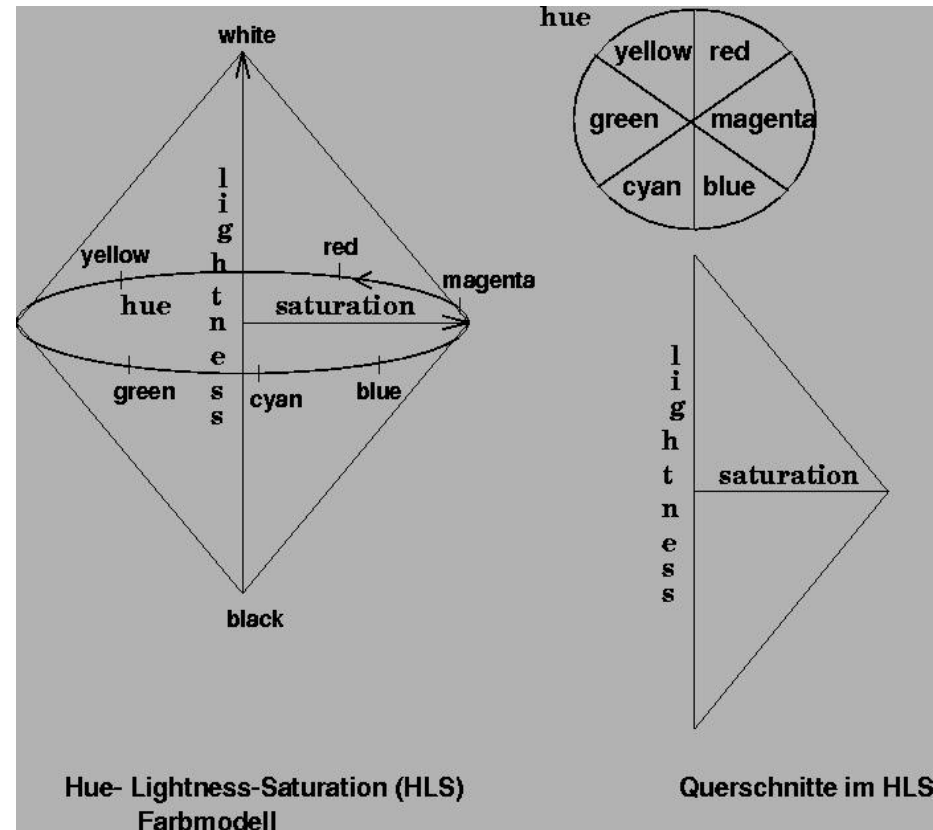
# RGB-Farbraum/CMY-Farbraum



# HSV-Farbraum



# HLS-Farbraum





# Bildvorverarbeitung (1)

- **Bildverbesserung:**

*Variierende Parameter werden auf Normwert transformiert.*

- ◆ **Intensität**

z.B. Normierung der Gesamtintensität  $E$  auf Normwert  $E_n$ :

$$E = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f_{ij} \quad \text{wobei } f_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \text{ (Intensität eines Pixels)}$$

$$h_{ij} = f_{ij} \frac{E_n}{E} \quad \text{wobei } h_{ij} \text{ neuer Intensitätswert für Pixel}$$

- ◆ **Größe**

- ◆ **Lage von Objekten (Nutzung von Bildmomenten)**

## Bildvorverarbeitung (2)

### Definition:

Moment eines Bildes:

$$m_{pq} := \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f_{xy} \cdot x^p \cdot y^q \quad \text{mit } p, q \geq 0$$

## Bildvorverarbeitung (3)

**Schwerpunkt:**

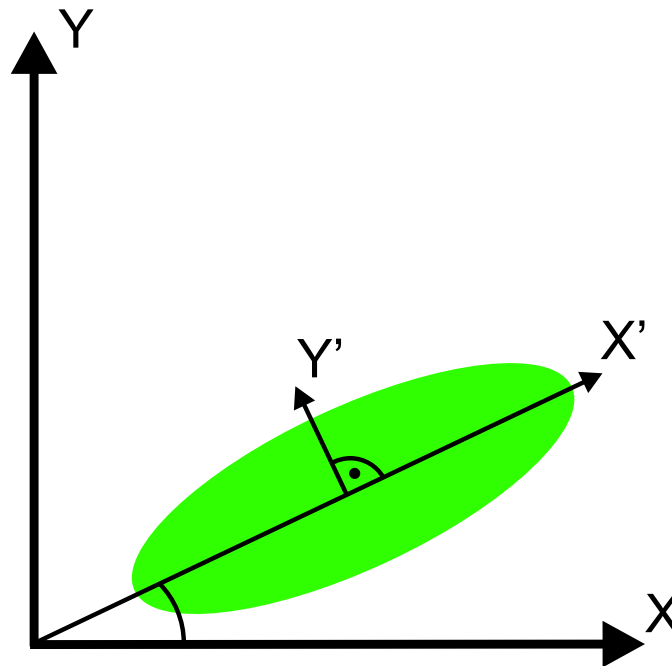
$$x_s = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \text{und} \quad y_s = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

## Bildvorverarbeitung (4)

**Winkel der Hauptträgheitsachse:**

$$\tan 2\alpha = \frac{2m_{11}}{m_{20} - m_{02}} \quad \text{mit } \alpha \in [0, 2\pi]$$

# Bildvorverarbeitung (5)

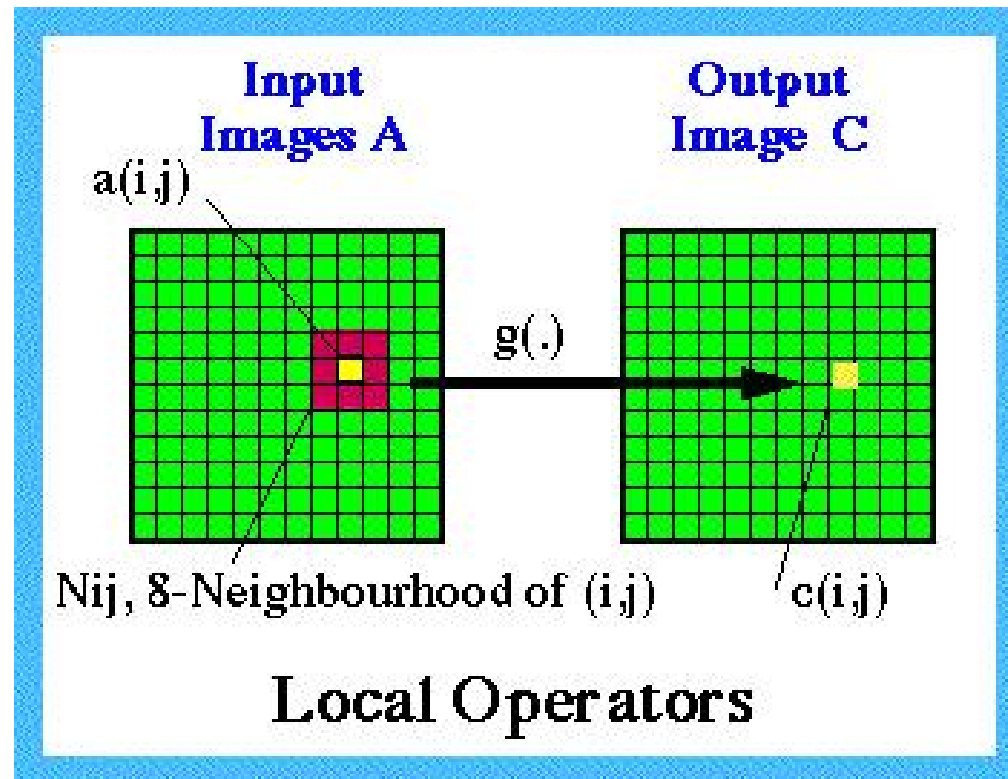


# Bildvorverarbeitung (6)

## Segmentierung:

- Unterteilung von Bildern in bedeutungsvolle Bereiche
- „etablierte“ Primitiva:
  - ◆ Konturen  $\equiv$  lokale Diskontinuitäten
    - Kanten
    - Ecken
    - Symmetrien
  - ◆ Regionen  $\equiv$  homogene Bildbereiche
- Faltungsmasken zur Bestimmung lokaler Diskontinuitäten

# Lokale Operatoren



# Kantenoperatoren (1)

**Gradient:**

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

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

Vertikale und horizontale Faltungsmasken zur Bestimmung des Gradientenbildes (Prewitt-Operator).

- 1. Ableitung des Bildes
- Diskrete Differenz erster Ordnung.



## Kantenoperatoren (2)

**Glättung:**

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Diskrete Gaussglocke als  $3 \times 3$ -Glättungsmaske.

- Ableitungsmasken auf Bilder sind störanfällig.
- Häufig vorherige Glättung mit diskreter Gaussglocke.
- Auch: Direkte Kombination der Filtermasken  $\rightarrow$  Sobel-Operator.

# Kantenoperatoren (3)

**Sobel-Operator:**

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

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

Vertikaler und horizontaler Sobel-Operator.

- 1. Ableitung des Bildes + Glättung

## Kantenoperatoren (4)

Laplace-Operator:

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Laplace-Operator.

- 2. Ableitung des Bildes.
- Diskrete Differenz zweiter Ordnung.
- Breite Kanten können unterdrückt werden.
- Störanfällig, daher meist in Verbindung mit einer Glättung.

## Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (1)



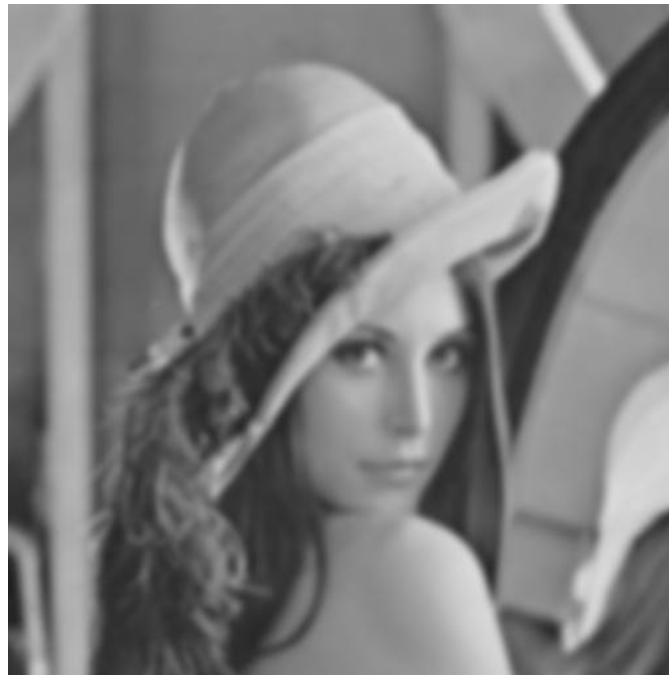
Original- und Graustufenbild.

## Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (2)



Vertikaler und horizontaler Gradient (Prewitt-Operator).

## Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (3)



Geglättet mit Gauss-Filter.

## Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (4)



Vertikaler und horizontaler Sobel-Filter.



## Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (3)

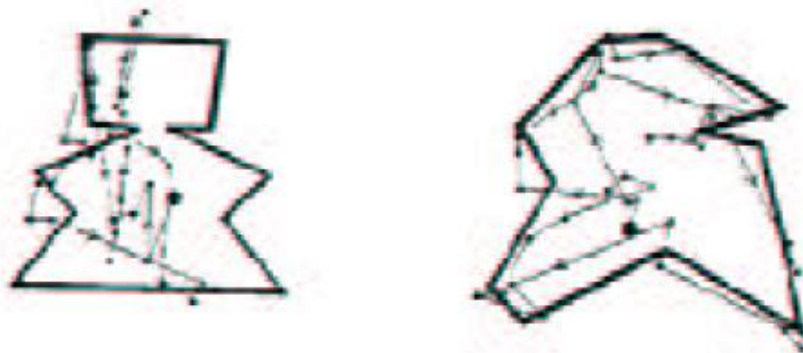


Laplace-Filter.



# Symmetrie (1)

- Symmetrie ist eine wichtige Eigenschaft in Bildern.
- Symmetrien werden von Menschen besonders gut wahrgenommen.



- Das Bild zeigt die Blickbewegungen eines Menschen für zwei unterschiedliche Objekte.
- Beim symmetrischen Objekt wird nur eine Hälfte betrachtet.

## Symmetrie (2)

- Eine der wichtigsten Symmetrien ist die Spiegelsymmetrie.
- Im Folgenden Beschränkung auf *horizontale* und *vertikale* Symmetrie.
- Für die horizontale Symmetrie werden nur Pixel einer Bildzeile, für die vertikale nur Pixel einer Bildspalte betrachtet.
- **Harte Symmetrie:**

Es muß

$$g_{i-j} = g_{i+j} \quad \text{mit } 0 \leq j \leq d$$

für eine Umgebung  $E(i, d) = [p_{i-d}, p_{i+d}]$  um einen Punkt  $p_i$  gelten, wobei  $g_i$  der Grauwert von  $p_i$  ist.

## Symmetrie (3)

- Bei wechselnden Lichtverhältnissen oder verrauschten Bildern lassen sich kaum große symmetrische Regionen bestimmen.
- **Weiche Symmetrie:**  
Eine Umgebung  $E(i, d)$  ist symmetrisch, wenn gilt:

$$0 \leq |g_{i-j} - g_{i+j}| \leq \epsilon \quad \text{mit } 0 \leq j \leq d$$

- Die symmetrische Umgebung von  $p_i$  ist dann:

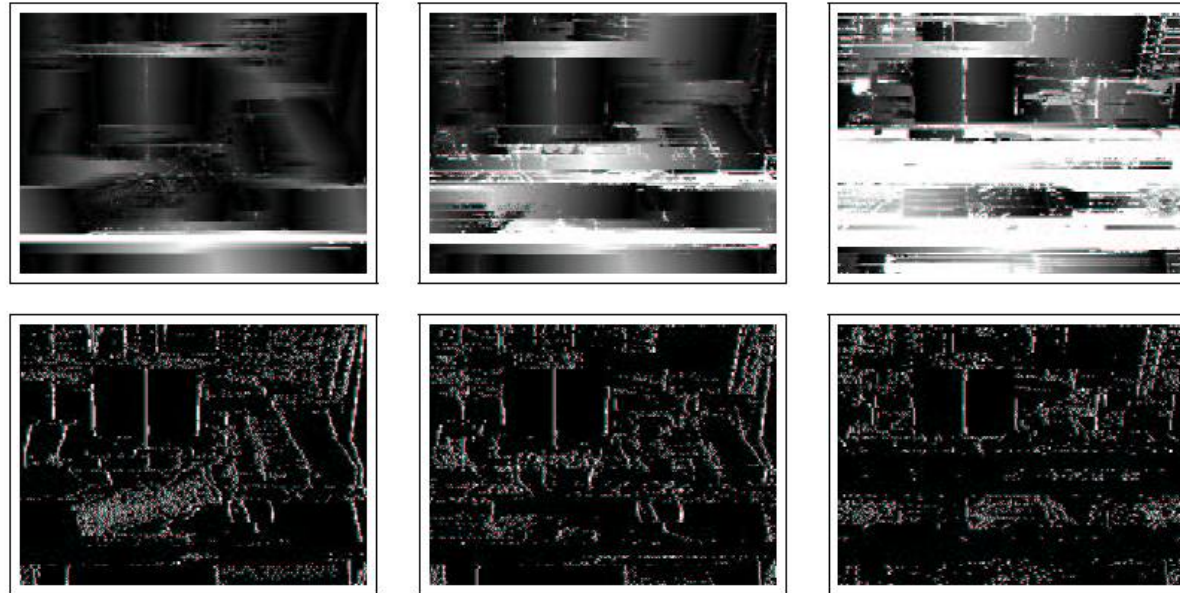
$$S_i = \arg \max_d E(i, d)$$

# Symmetrie (4)



Beispielbild (250 × 187 Pixel)

## Symmetrie (5)



Erste Reihe: Horizontale Symmetrie mit  $\epsilon = 30$ ,  $\epsilon = 60$  und  $\epsilon = 100$  sowie  $d \leq 125$ .

Zweite Reihe: Peaks der Bilder aus der ersten Reihe.

## Symmetrie (6)

- Üblich ist die Verwendung einer festen Maskenbreite  $m$ .
- Die Symmetrie einer Umgebung  $E(i, m)$  eines Punktes  $p_i$  berechnet sich dann wie folgt:

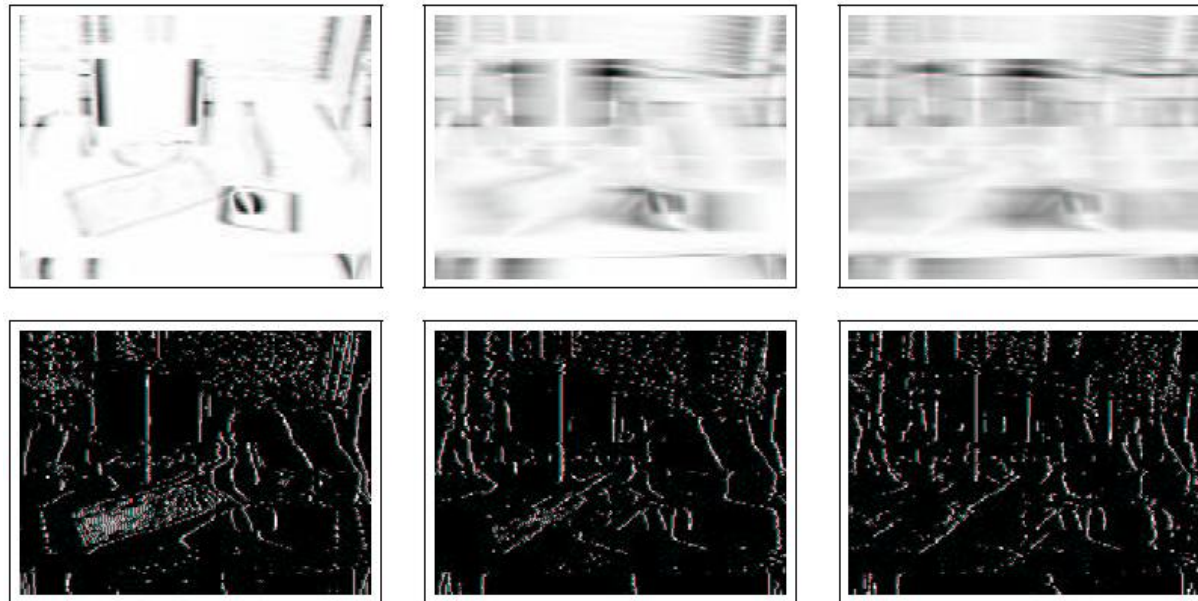
$$s(i, m) = 1 - \frac{1}{C \cdot m} \sum_{j=1}^m \sigma(j, m) \cdot (g_{i-j} - g_{i+j})^2$$

wobei  $C$  eine vom Farbraum abhängige Konstante ist (z.B. 255 für Graustufenbilder) und  $\sigma(j, m)$  eine radiale Gewichtungsfunktion ist.

- Beispiel: Triangulare Gewichtung

$$\sigma(j, m) = 1 - \frac{j}{m}$$

## Symmetrie (7)



Erste Reihe: Horizontale Symmetrie mit  $m = 10$ ,  $m = 50$  und  $m = 100$ .

Zweite Reihe: Peaks der Bilder aus der ersten Reihe.

# Merkmale

- Empirische oder symbolische Beschreibung von Eigenschaften des Bildes.
- Merkmale können auf Bildprimitiven (z.B. Regionen, Kanten) oder auf dem ganzen Bild bestimmt werden.
- Beispiele:
  - ◆ Texturen
  - ◆ abgeleitete Texturmerkmale: Energie, Kontrast, Homogenität
  - ◆ Bewegung, z.B. mit Hilfe des optischen Flusses
  - ◆ Tiefe (Entfernung), z.B. mit Stereo-Bildverarbeitung
  - ◆ Hauptkomponenten-Analyse (engl. *Principal Component Analysis* (PCA)), z.B. Eigenfaces (PCA auf Gesichtsbildern)
  - ◆ weitere einfache Merkmale später...



# Mustererkennung

- **Muster:** Anordnung aus einfachen Merkmalen, die in ihrer Beziehung einen bestimmten Sinn ergeben.
- **Musterklassifikation:** Muster als Gesamtheit wird einer Klasse  $\omega_i$  zugeordnet (Menge der Klassen:  $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_k\}$ ).
- **Musteranalyse:** Komplexe Muster werden symbolisch beschrieben.
- **Mustererkennung** = Musterklassifikation + Musteranalyse

# Binäre Bildverarbeitung

- Einfachste Form der Bildverarbeitung auf *Binärbildern*.
- Einsatzgebiet vor allem in industriellen Anwendungen.
- Originalbilder werden über einen Schwellwert in Binärbilder umgewandelt.
- In industriellen Anwendungen gilt es zumeist herauszufinden:
  - ◆ ob ein Objekt existiert,
  - ◆ ob es an der richtigen Position liegt,
  - ◆ ob es die richtige Orientierung hat,
  - ◆ ob es das gewünschte Objekt ist, und
  - ◆ was für ein Objekt es ist.

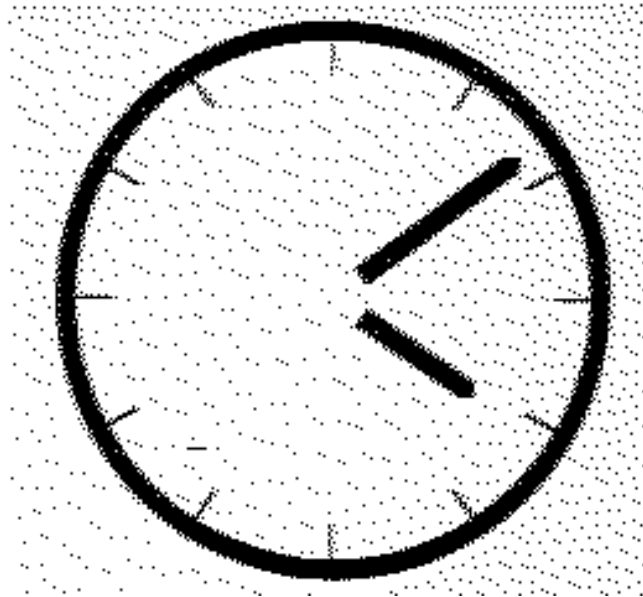
# Beispiele für binäre Bildverarbeitung (1)

In welchem Winkel liegt die Schere?



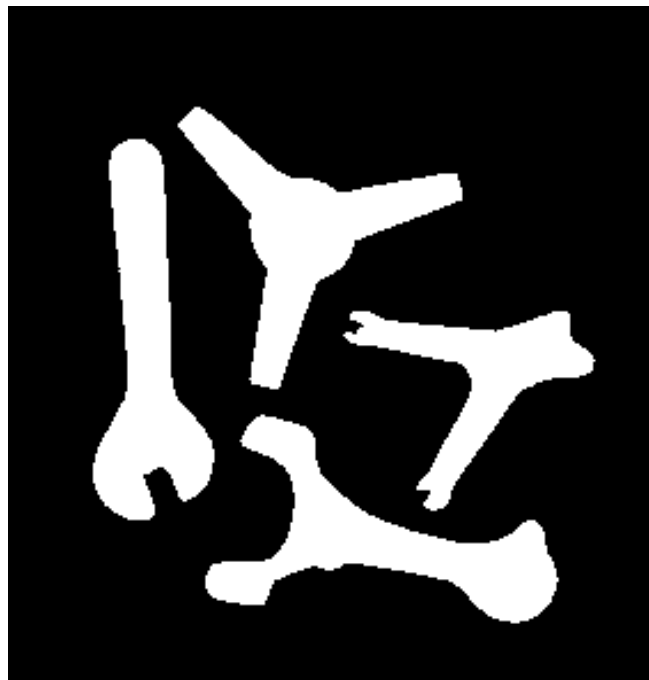
## Beispiele für binäre Bildverarbeitung (2)

Welche Uhrzeit wird angezeigt?



## Beispiele für binäre Bildverarbeitung (3)

Erkennung und Ortung von Werkstücken



# Merkmale eines Objektes in binärer Darstellung

U. a. werden die folgenden Merkmale verwendet:

- Massenverteilung (engl. *Distribution of mass*) - eine Funktion des Abstands links und rechts vom Schwerpunkt
- Abstand des weitesten Punktes vom Schwerpunkt
- Abstände der Grenzpunkte zum Schwerpunkt als eine Funktion der Polarwinkel (*polar coding* oder die Variante *circular coding*)
- Verhältnis *Fläche / Umfang<sup>2</sup>*
- Anzahl der Löcher
- Anzahl der Buchten (betrachte das Objekt als eine Insel)
- ...

# Literatur

- [1] *Machine Vision: A Brief Introduction.*  
[http://bruce.cs.cf.ac.uk/bruce/Machine\\_vision\\_tutorial/MV\\_Introduction.html](http://bruce.cs.cf.ac.uk/bruce/Machine_vision_tutorial/MV_Introduction.html).
- [2] HUEBNER, KAI: *Methods for Range Estimation and Situation Recognition using an Omnidirectional Vision System for Mobile Robots - Symmetry as a Natural Feature*, November 2001.  
[http://www.informatik.uni-bremen.de/~khuebner/diploma/pdf/index\\_d.html](http://www.informatik.uni-bremen.de/~khuebner/diploma/pdf/index_d.html).
- [3] JAEHNE, BERND: *Digitale Bildverarbeitung*. Springer-Verlag, fünfte Auflage, Juni 2001.