

Vorlesung: Angewandte Sensorik

Prof. J. Zhang

zhang@informatik.uni-hamburg.de

Universität Hamburg

Fachbereich Informatik

AB Technische Aspekte Multimodaler Systeme

12. Januar 2006

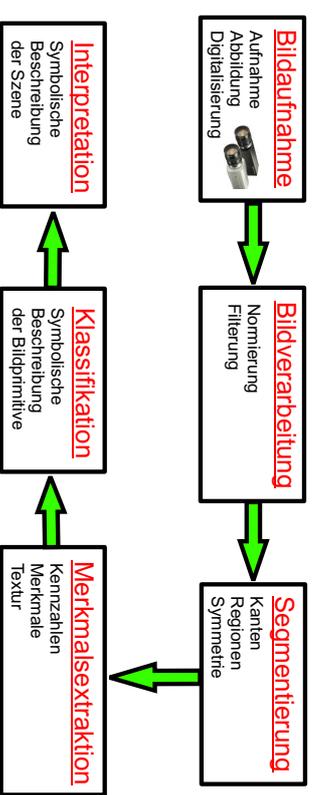
Inhaltsverzeichnis

6. Bildverarbeitung	378
Aufbau eines Bildverarbeitungssystems379
Bildaufnahme380
Bildvorverarbeitung384
Lokale Operatoren390
Symmetrie400
Merkmale407
Mustererkennung408
Binäre Bildverarbeitung409

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 *nm* bis 800 *nm* (kontinuierliches Spektrum)
- **Farbräume:** RGB, HSI, YUV, etc.
- **Abbildung:** Kameramodelle (z.B. Lochkameramodell)
- **Digitalisierung:** Abtastung und Quantisierung

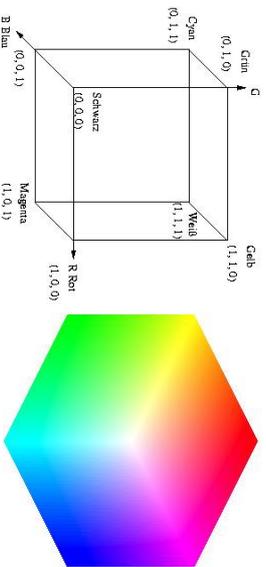
Prof. J. Zhang

Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 380

12. Januar 2006

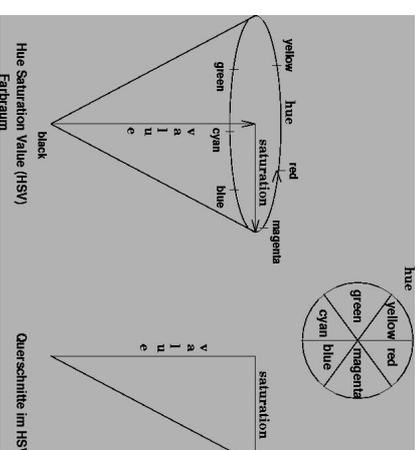
RGB-Farbraum / CMY-Farbraum



Prof. J. Zhang
Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 381
12. Januar 2006

HSV-Farbraum



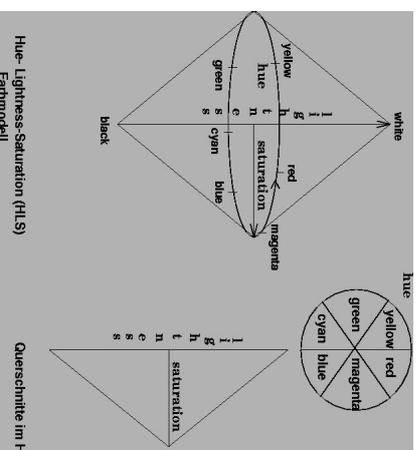
Prof. J. Zhang

Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 382

12. Januar 2006

HLS-Farbraum



Prof. J. Zhang
Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 383
12. Januar 2006

Bildvorverarbeitung (1)

• Bildverbesserung:

Variierende Parameter werden auf Normwert transformiert.

◆ Intensität

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

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

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

◆ 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:

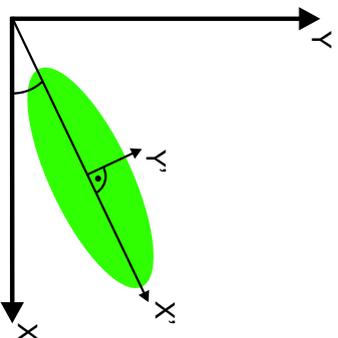
$$x_s = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \text{und} \quad y_s = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

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)

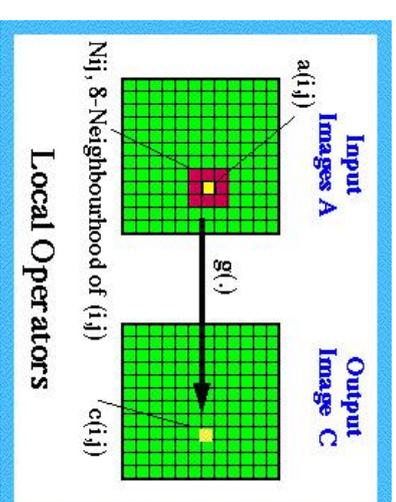


Bildvorverarbeitung (6)

Segmentierung:

- Unterteilung von Bildern in bedeutungsvolle Bereiche
- „etablierte“ Primitiva:
 - ◆ Konturen ≡ lokale Diskontinuitäten
 - Kanten
 - Ecken
 - Symmetrien
 - ◆ Regionen ≡ 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 3×3 -Glättungsmaske.

- Ableitungsmasken auf Bilder sind störanfällig.
- Häufig vorherige Glättung mit diskreter Gaussglocke.
- Auch: Direkte Kombination der Filtermasken → 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.

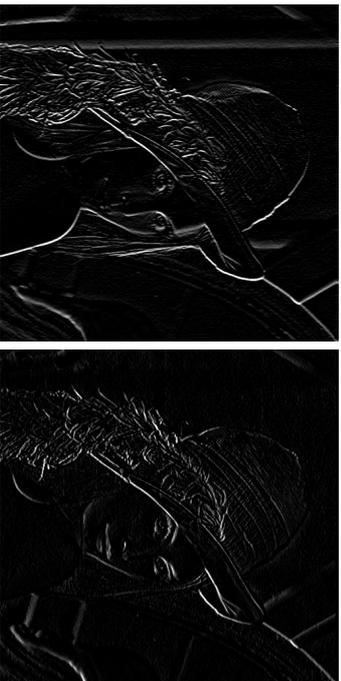
- 2. Ableitung des Bildes.
- Diskrete Differenz zweiter Ordnung.
- Breite Kanten können unterdrückt werden.
- Störanfällig, daher meist in Verbindung mit einer Glättung.

Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (1)



Original- und Graustufenbild.

Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (2)



Vertikaler und horizontaler Gradient (Prewitt-Operator).

Prof. J. Zhang
Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 396
12. Januar 2006

Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (3)

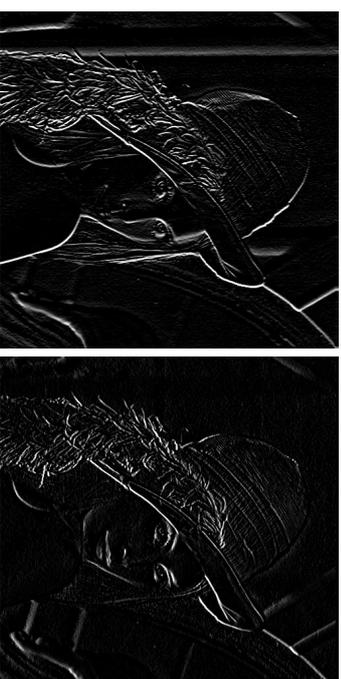


Geglättet mit Gauss-Filter.

Prof. J. Zhang
Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 397
12. Januar 2006

Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (4)

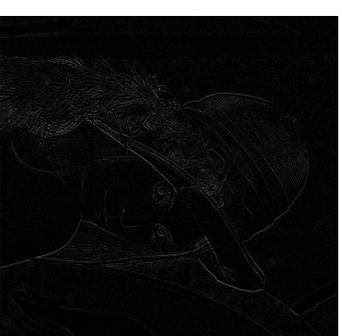


Vertikaler und horizontaler Sobel-Filter.

Prof. J. Zhang
Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 398
12. Januar 2006

Beispiel: Lenna - Miss November 1972 (3)



Laplace-Filter.

Prof. J. Zhang
Vorlesung: Angewandte Sensorik

Seite 399
12. Januar 2006

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:

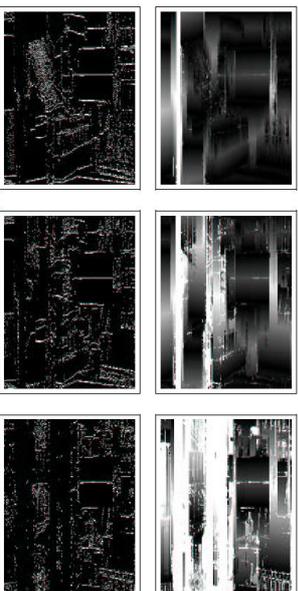
$$S_i = \arg \max_d E(i, d)$$

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:

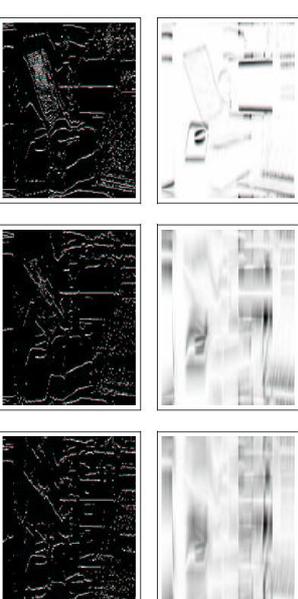
$$s(i, m) = 1 - \frac{1}{C \cdot m} \sum_{j=1}^m \sigma(j, m) \cdot (g_{i-j} - g_{i+j})^2$$

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 ω_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.

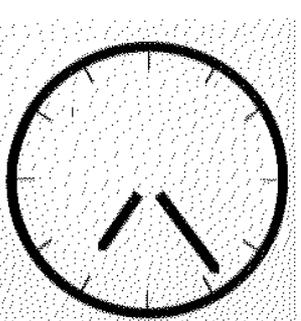
Beispiele für binäre Bildverarbeitung (1)

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 / Umfang²*
- 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.
- [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>.
- [3] JAEHNE, BERND: *Digitale Bildverarbeitung*. Springer-Verlag, fünfte Auflage, Juni 2001.