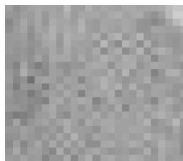


# Inhaltsorientierte Such in Bilddatenbanken: Zusammenfassung und Ausblick

Vorlesung Bildverarbeitung 2, Teil 7  
Wintersemester 2001/2002  
Ullrich Köthe, FB Informatik, Uni Hamburg

## Überblick (1)

- Bilder haben viele Interpretationsebenen



Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.2

## Überblick (2)

- **Visuelle Suche und Schlüsselwörter**
    - High-level Semantik von Schlüsselworten wird von Bildverarbeitung nicht erreicht
    - aber Schlüsselwörter sind zu inflexibel für die vielfältigen Interpretationsmöglichkeiten eines Bildes
- ⇒ **Kombination von Schlüsselwörtern und Bildverarbeitung**



Wintersemester 01/02

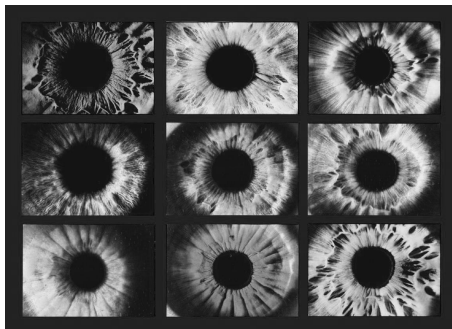
Ullrich Köthe: *Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken*

7.3

## Überblick (3)

### ***Closed world versus open world***

- bei bestimmten Anwendungen gibt es eine eindeutige Semantik und eindeutige Tests der Qualität der Suche



Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: *Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken*

7.4

## Überblick (4)

bei open world Anwendungen ist man auf Ähnlichkeitssuche angewiesen, da keine eindeutigen Matches

ID 2751	ID 13482	ID 2257	ID 6281	ID 2313
ID 2727 S = 0.702	ID 13469 S = 0.764	ID 2245 S = 0.649	ID 10553 S = 0.788	ID 2318 S = 0.660
Wintersemester ID 2725 S = 0.663	ID 11303 S = 0.678	ID 1583 S = 0.587	ID 8128 S = 0.697	ID 2310 S = 0.595

7.5

## Überblick (5)

- die Ähnlichkeitsdefinition muß die menschliche Wahrnehmung möglichst genau nachbilden

**L\*a\*b\* Farbraum**

Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.6

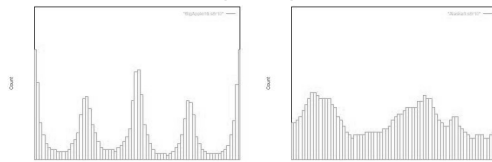
## Überblick (5)

### globale Bildbeschreibungen für *open world* Probleme

- Histogramme: Farbe, Texturmerkmale, Kantenrichtungen, Regionengrößen, Schlüsselwörterhäufigkeiten



(a) Richtungshistogramme (b)



Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

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

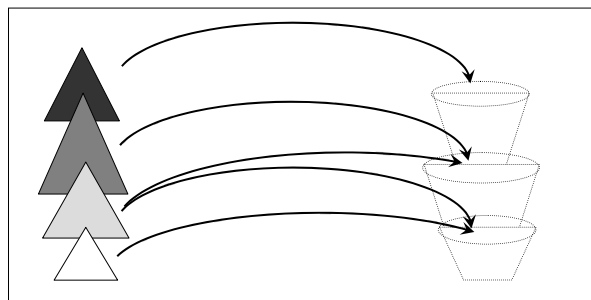
Cooccurrence-Matrix				
	0	1	2	3
0	0	0	1	1
1		0	2	1
2			1	2
3				1

## Überblick (6)

- Vergleich von Histogrammen sollte die Ähnlichkeit der Bins berücksichtigen

- *quadratic form distance* und *earth mover distance*

EMD: Histogrammdistanz als Transportproblem  $\Rightarrow$  Quadratische Programmierung



Wintersemester 01/02

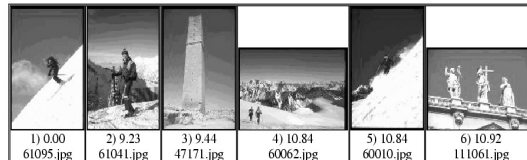
Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.8

## Überblick (7)

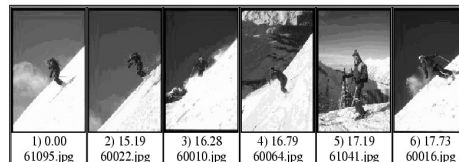
### lokalisierte Merkmale:

- kombiniertes Farb- / Ortshistogramm
- Fensterung
- Wavelet-Zerlegung (Haar, Gabor)
- Merkmale für Texturregionen



(a)

**Erfolg begrenzt,  
da zu wenig  
Objektbezug bzw.  
zu instabil**



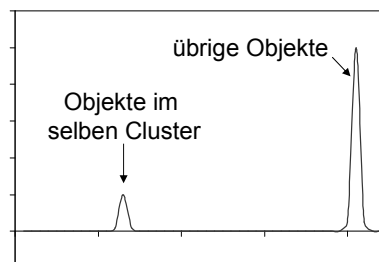
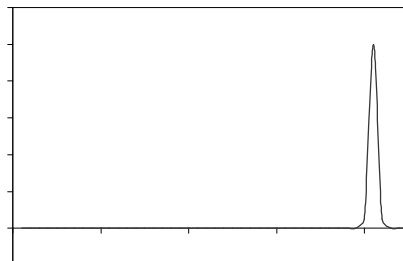
Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.9

## Überblick (8)

- **Curse of Dimensionality (hochdimensionale Räume):**
  - empty space problem und instabile nächste Nachbarsuche
  - Verhältnis von Standardabweichung zu Erwartungswert des Abstandes zu anderen Punkten konvergiert gegen 0
  - Cluster und irrelevante Dimensionen wirken entgegen



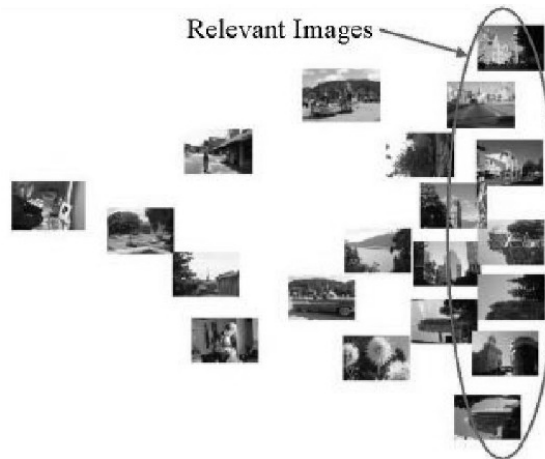
Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.10

## Überblick (9)

**star field display**  
und  
**Relevanz-Feedback**  
sind effektive  
**Interaktions-**  
**techniken**



Wintersemester 01/02

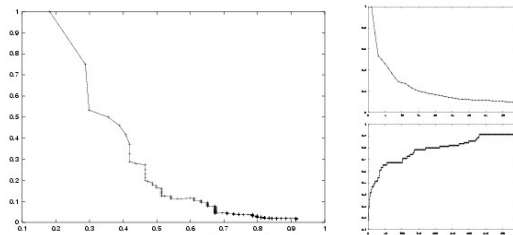
Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.11

## Überblick (10)

### Evaluierung:

- Messung von *recall* und *precision*
- fehlen realistische Szenarien
- große Variabilität bei Ähnlichkeitsbeurteilung durch Menschen



a) Musterbrille	2.8	2.0	5.0	5.4	5.4	5.7
b) Musterbrille	1.3	1.1	2.0	3.8	2.0	2.7

Wintersemester 01/02

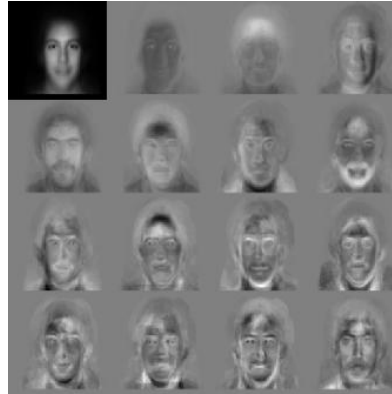
Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.12

## Nützliche Algorithmen (1)

### Principle Component Analysis

- Gesichtserkennung („Eigenfaces“)
- Merkmalerkennung, z.B. in Gesichtern („Eigenfeatures“)
- Dimensionsreduktion: Identifikation relevanter Merkmale
- Dimensionsreduktion: Stabilisierung und Beschleunigung der Ähnlichkeitssuche



**Projektion der Daten auf die ersten  $k$  Eigenvektoren der Kovarianzmatrix:**

$$C = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Phi_i \Phi_i^T \quad C \vec{u}_k = \lambda_k \vec{u}_k$$

Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.13

## Nützliche Algorithmen (2)

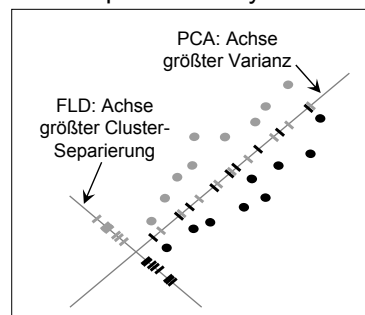
### Cluster-erhaltende Dimensionsreduktion

- Fisher's Linear Discriminants und Relevant Component Analysis
  - Gesichtserkennung („Fisherfaces“)
  - minimiere *in-class scatter*, maximiere *between-class scatter*

$$S_C = \sum_{i=1}^C |m_i| (\bar{\mu}_i - \bar{\mu})(\bar{\mu}_i - \bar{\mu})^T$$

$$S_W = \sum_{i=1}^C \sum_{x_k \in m_i} (\vec{x}_k - \bar{\mu}_i)(\vec{x}_k - \bar{\mu}_i)^T$$

$$S_C a_i = \lambda_i S_W a_i$$



- *Projection Pursuit*: maximiere Clusterungsmaß
- nichtlineare Dimensionsreduktion nicht anwendbar

Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

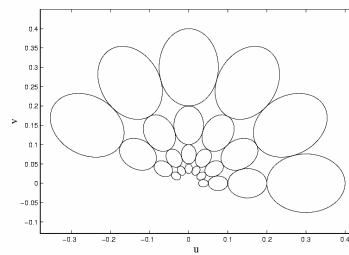
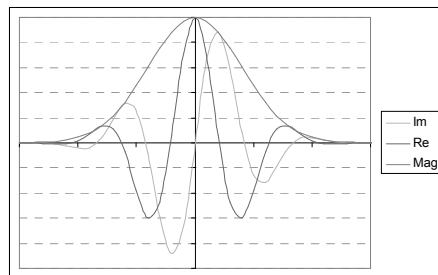
7.14

## Nützliche Algorithmen (3)

- **Gaborfilter:**

- Anwendung einer Filterbank (z.B. 6 Richtungen, 4 Skalen)
- als Textur- und Kantenmerkmale verwendbar

$$\text{Gabor}_{k,\sigma}(x, y) = (\cos(2\pi k x) + i \sin(2\pi k x)) e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} \right)}$$



Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.15

## Nützliche Algorithmen (4)

### geometrische Transformationen:

- grauwertbasierte, iterative Bestimmung der Parameter einer affinen Transformation oder Ähnlichkeitstransformation in einer Bildpyramide
- iterative Bestimmung einer Thin Plate Spline Transformation mit Hilfe der „shape context“ Histogramme  
⇒ Verformungsenergie als Ähnlichkeitsmaß



Wintersemester 01/02

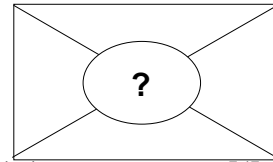
Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.16



## Ausblick (1)

- die Möglichkeiten globaler Beschreibungen sind ausgereizt
- ⇒ lokale, objektzentrierte Beschreibungen notwendig
  - Welche Objekte sind im Bild?
  - Wie liegen die Objekte relativ zueinander?
  - Bestimmung globaler Beschreibungen für jedes Objekt und Vergleich anhand dieser Beschreibungen
  - weitere Unterteilung der Objekte (Teil- / Ganzes-Beziehung)
  - Unterklassifikation der Objekte
- datenunabhängige Segmentierung (Kachelung, 5 Felder) reicht nicht



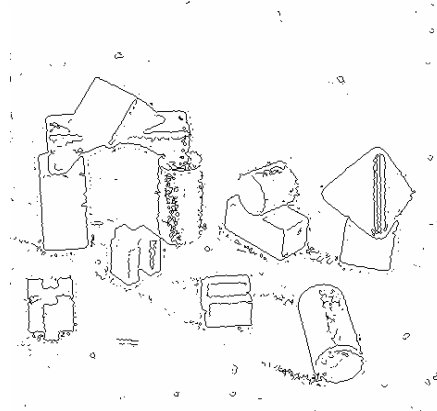
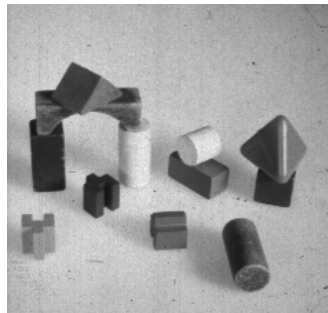
Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.17

## Ausblick (2)

- objektzentrierte Beschreibungen erfordern reproduzierbare Segmentierung
  - Kantendetektion liefert meist Untersegmentierung



Wintersemester 01/02

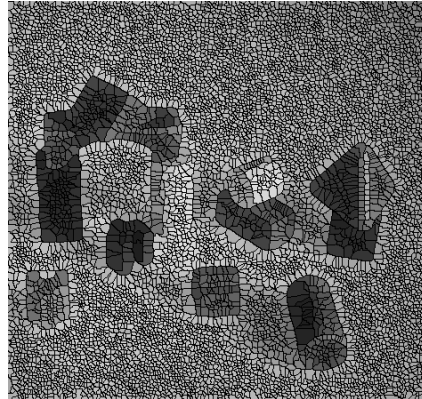
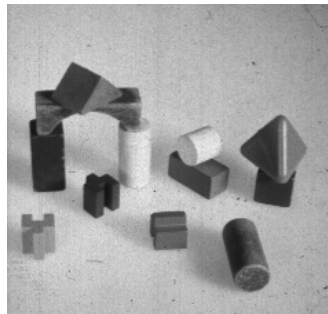
Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.18

## Ausblick (3)

---

- Regionensegmentierung ist meist Übersegmentierung



Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.19

## Ausblick (4)

---

- **Segmentierung hängt stark vom Blickwinkel, Beleuchtung, Verdeckung etc. ab**
  - ⇒ **zur Zeit nur interaktive (halbautomatische) Segmentierung erfolgversprechend**
    - schnelle Interaktionsverfahren wie *active paintbrush*, *seeded region growing*, *intelligent scissors*
    - lernfähige Verfahren: System macht Vorschläge für Objektregionen und/oder geeignete Schlüsselwörter für eine Region (vgl. Minka & Picard)
    - Interaktion sichert, daß für die jeweilige Anwendung relevante und korrekte Regionen markiert werden
    - visuelle Beschreibungen sichern, daß Anfragen trotzdem sehr variabel sein können (nicht auf eine Bedeutung beschränkt)

Wintersemester 01/02

Ullrich Köthe: Inhaltsorientierte Suche in Bilddatenbanken

7.20