

Segmentierung von Bilddaten

Hendrik Horn und Jörgen Kosche

3. Juni 2004

Seminarvortrag

Seminar: Effiziente Darstellung von Daten

Dozent: Oliver Boldt

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3	5.3.3	Split and Merge	26
2	Definition	5	5.4	Modellbasierte Verfahren	27
3	Eigenschaften und Begriffe	6	5.4.1	Segmentierung über Templates	28
4	Anwendungen	7	5.4.2	Hough-Transformation	29
4.1	Software	8	5.5	Texturbasierte Verfahren	30
5	Verfahren	9	6	Segmentierung von Mehrkanalbildern	31
5.1	Pixelorientierte Verfahren	10	7	Probleme	32
5.1.1	Schwellwertverfahren	11	8	Quellen	33
5.2	Kantenorientierte Verfahren	17	9	Bildquellen	34
5.2.1	Kantendetektionsoperatoren	18			
5.2.2	Wasserscheidentransformation	22			
5.3	Regionenorientierte Verfahren	23			
5.3.1	Distanz- oder Ähnlichkeitsmaße	24			
5.3.2	Region Growing	25			

1 Einführung

- Problem der Bildverarbeitung, insbesondere des maschinellen Sehens:
- Welche Bildpunkte gehören zusammen?
- Lösung mit Segmentierung
- Segmentierung erzeugt aus einem Eingangsbild Objekte

Zur Veranschaulichung folgt ein Beispiel. Als Beispielgrafik wählen wir ein Luftbild von Dessau:



Luftbild von Dessau

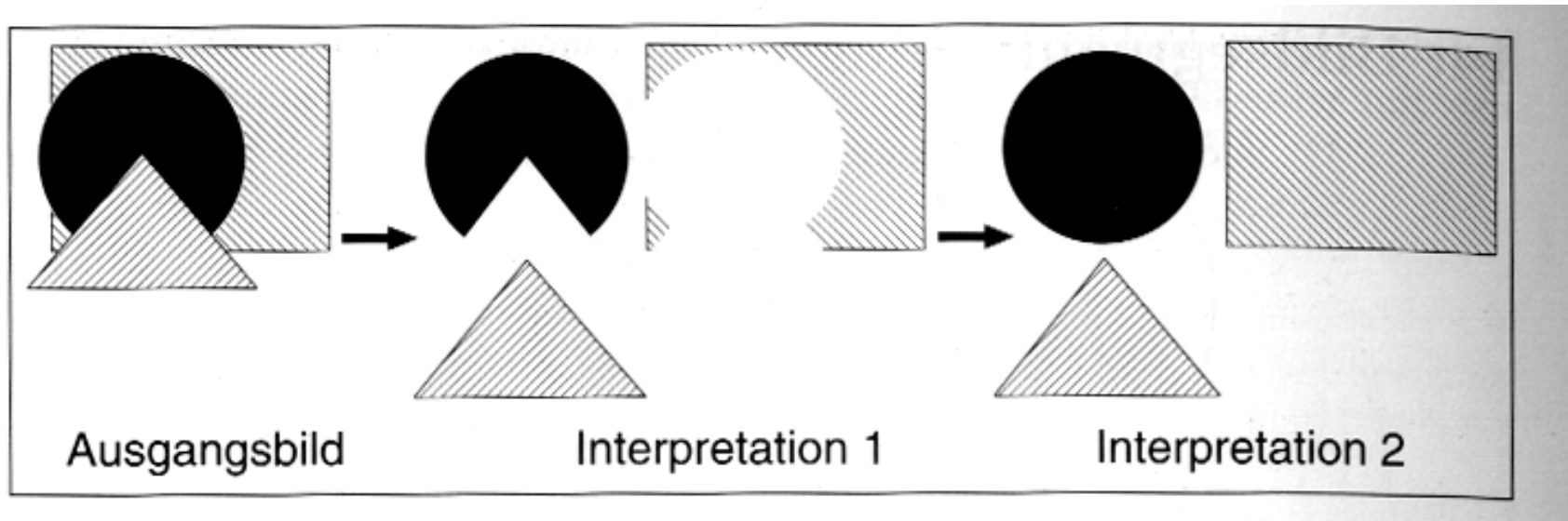
Und hier die entsprechende Segmentierung mit einem Region-Growing-Verfahren:



segmentiertes Beispielbild

2 Definition

- Teilgebiet der Bildverarbeitung (maschinelles Sehen)
- erster Schritt der Bildanalyse (zuvor Preprocessing)
- Zusammenfassung von Pixeln entsprechend einem Homogenitätskriterium (oder Trennung nach einem Dishomogenitätskriterium)
- Reduktion (Zusammenfassung) von Daten zur besseren Strukturierung
- Ergebnis: Zuordnung von Pixeln zu Segmenten



3 Eigenschaften und Begriffe

Einige wichtige Eigenschaften von Segmentierungen:

vollständige Segmentierung Jeder Pixel wird (mindestens) einem Segment zugeordnet.

überdeckungsfreie Segmentierung Kein Pixel wird mehr als einem Segment zugeordnet.

zusammenhängende Segmentierung Jedes Segment bildet ein zusammenhängendes Gebiet.

Repräsentation erfolgt:

geometrisch Polygone grenzen die Objekte ab

pixelorientiert Jedes Pixel erhält als Attribut das zugehörige Segment (z.B. durch ein weiteres Bild gleicher Größe)

weitere Begriffe:

Binarisierung Jeder Pixel des Bildes wird genau einem von zwei Segmenten zugeordnet.

Übersegmentierung Es wurden zu viele Segmente identifiziert.

Untersegmentierung Es wurden zu wenige Segmente identifiziert.

4 Anwendungen

Segmentierung ist nur der erste Schritt für eine weitergehende Bildanalyse (z.B. Klassifizierung).

Medizin Segmentierung von Röntgenbildern, Computertomographie

Geographie/Fernerkundung automatische Segmentierung von Satelliten- Luft- und Radarbildern

Qualitätskontrolle automatische optische Kontrolle von Werkstücken

Schrifterkennung erster Schritt für eine Schrifterkennung, Trennung von Schrift und Hintergrund

4.1 Software

- mehrere recht teure Anwendungen zur Segmentierung und anschließenden Klassifizierung für Medizin und Fernerkundung (z.B. eCognition von Definiens AG)
- Bildbearbeitungsprogramme (z.B. Gimp oder IrfanView) bieten einfache Algorithmen wie Schwellwertverfahren und Sobel an
- Schrifterkennungsprogramme können Segmentierung als ersten Schritt einsetzen

5 Verfahren

Grundlegende Verfahrensgruppen:

Pixelorientierte Verfahren Es werden Kriterien zur Segmentzuordnung nur auf das Pixel angewandt, unabhängig von anderen Pixeln.

Kantenorientierte Verfahren Es wird nach Kanten oder Konturen gesucht, die zu Objektgrenzen zusammengefasst werden.

Regionenorientierte Verfahren Es werden zusammenhängende Punktmengen als Gesamtheit betrachtet.

Übergänge sind fließend, Kombinationen oder Überschneidungen möglich.

Es gibt weitere, abstraktere Verfahrensansätze:

Modellbasierte Verfahren Hier wird konkreteres Wissen über die Bilder (ein Modell) zugrundegelegt.

Texturorientierte Verfahren Es wird nach einer Textur (homogene innere Struktur) anstatt nach einer einheitlichen Farbe segmentiert.

5.1 Pixelorientierte Verfahren

- es wird für jeden Punkt einzeln entschieden, zu welchem Segment er gehört
- pixelorientierte Verfahren ergeben üblicherweise vollständige und überdeckungsfreie Segmentierungen
- aber üblicherweise keine zusammenhängenden Segmentierungen

5.1.1 Schwellwertverfahren

Der Grauwert (oder ein anderes eindimensionales Merkmal) des Pixels wird mit einem Schwellwert verglichen.

Bei nur einem Schwellwert wird Bild binarisiert.

Mehrere Schwellwerte möglich für mehrere Segmente.

Vorteile:

- einfache Implementierung
- schnelles Verfahren
- vollständige und überdeckungsfreie Segmentierung
- gute Ergebnisse bei Binarisierung von gleichmäßig beleuchteten Bildern (Beispiel: Segmentierung gescannter Bilder für Schrifterkennung)

Nachteile:

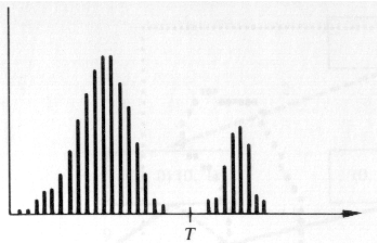
- Anfälligkeit für Helligkeitsänderungen (bei Grauwerten)
- nur ein eindimensionaler Wert wird benutzt (keine zusätzlichen Informationen bei Mehrkanalbildern)
- keine zusammenhängende Segmentierung
- starke Abhängigkeit vom Parameter: Schwellwert

Wie findet man den optimalen Schwellwert?

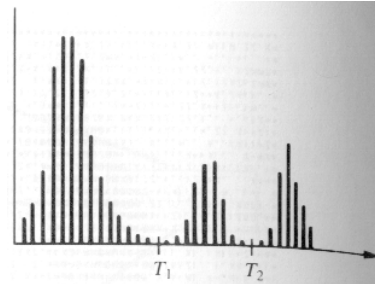
Grundlage: Histogramm

Optimalerweise bimodales Histogramm (nur zwei, klar voneinander getrennte Maxima):

bimodales Histogramm:



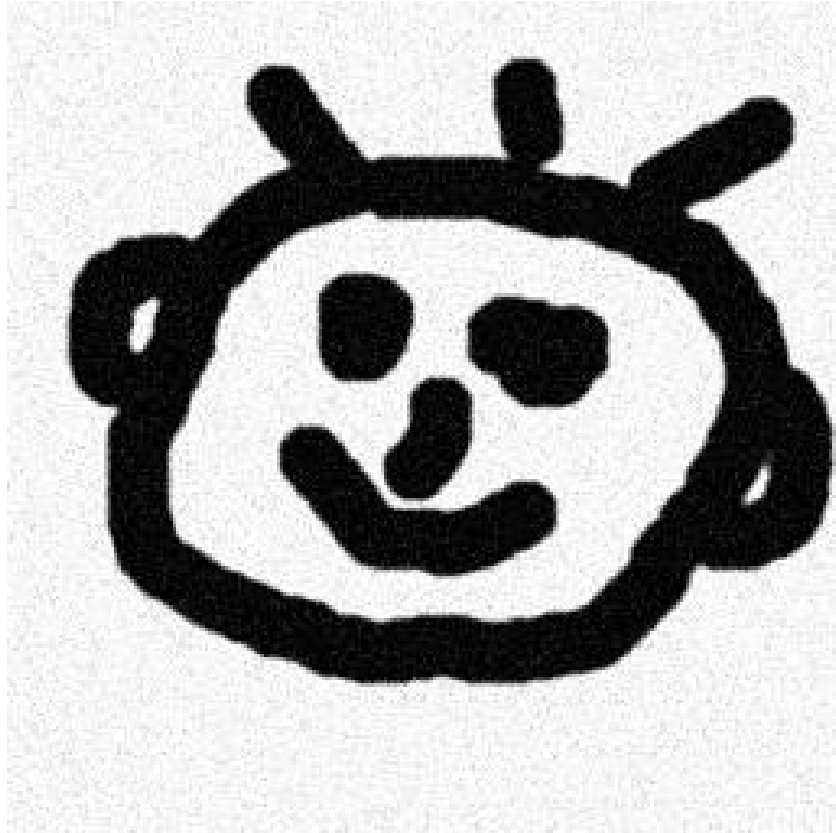
nicht bimodales Histogramm:



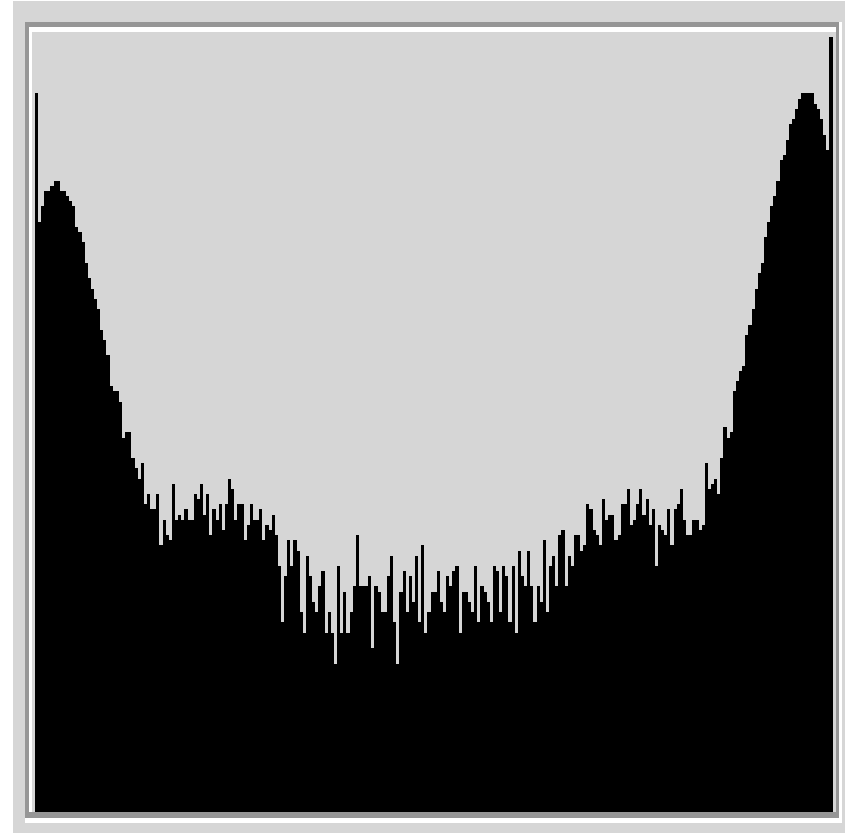
Methode:

- manuelle Festlegung
- Mittelwert zwischen lokalen Maxima wählen
- lokale Minima wählen
- Verfahren von Otsu

Beispiel:



verraushtes Eingangsbild



entsprechendes Histogramm

Segmentierung mit globalem Schwellwertverfahren:

Schwellwert 38:



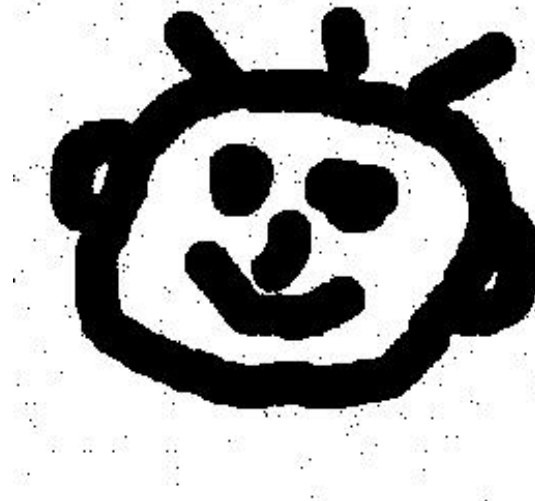
Schwellwert 204:



Schwellwert 52:



Schwellwert 222:



Verfahren von Otsu

Es sei $p(g)$ die Auftrittswahrscheinlichkeit des Wertes g . Für g gilt: $0 \leq g < G$.

K_0 und K_1 seien zwei Klassen, getrennt durch den Schwellwert t .

Deren Auftrittswahrscheinlichkeit bestimmt sich durch:

$$P_0 = \sum_{g=0}^t p(g) \text{ und } P_1 = \sum_{g=t+1}^{G-1} p(g) = 1 - P_0$$

Der mittlere Grauwert sei \bar{g} , der Mittelwert der beiden Klassen dementsprechend \bar{g}_0 und \bar{g}_1 .

Die Varianzen innerhalb der Klassen ergibt sich durch:

$$\sigma_0^2 = \sum_{g=0}^t (g - \bar{g}_0)^2 p(g) \text{ und } \sigma_1^2 = \sum_{g=t+1}^{G-1} (g - \bar{g}_1)^2 p(g)$$

Wir wollen einen Schwellwert, der die beiden Klassen möglichst gut trennt, dazu maximieren wir die Varianz zwischen den beiden Klassen:

$$\sigma_{zw}^2 = P_0(\bar{g}_0 - \bar{g})^2 + P_1(\bar{g}_1 - \bar{g})^2$$

und minimieren die Varianz innerhalb der Klassen:

$$\sigma_{in}^2 = P_0\sigma_0^2 + P_1\sigma_1^2$$

Also wählen wir t so, dass $\frac{\sigma_{zw}^2}{\sigma_{in}^2}$ maximal wird.

Es gibt verschiedene Schwellwertverfahren:

globales Schwellwertverfahren ein Schwellwert wird für das gesamte Bild verwendet

lokales Schwellwertverfahren das Bild wird in Regionen eingeteilt, für jede Region werden eigene Schwellwerte bestimmt

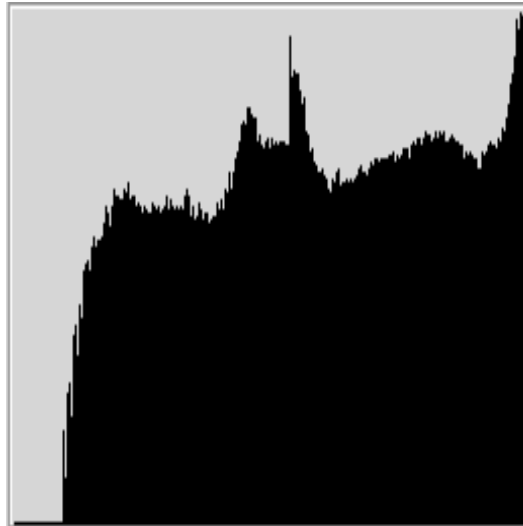
dynamisches Schwellwertverfahren um jeden Pixel wird eine eigene Region erzeugt und ein eigener Schwellwert festgelegt

Rechenzeit nimmt zu - Anfälligkeit gegen Helligkeitsänderungen nimmt ab

schlecht beleuchtetes Eingangsbild:



entsprechendes Histogramm:



Segmentierung mit Schwellwert 127:



5.2 Kantenorientierte Verfahren

Liefern Kantenzüge oder zu Konturen gehörende Punkte

Vorteile:

- oft leicht geometrische Repräsentation zu finden
- zusammenhängende Segmentierung

Nachteile:

- oft Kantenverfolgungsalgorithmen nötig

Verfahren:

- Sobel- oder Laplace-Operatoren
- Wasserscheidentransformation
- Snakes
- aktive Konturen

5.2.1 Kantendetektionsoperatoren

Es gibt einige Operatoren, mit denen Konturen in den Bildern hervorgehoben werden.

Anwendung von Pixelmasken:

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

aktueller Pixel: z_5 (Pixel darüber: z_2 , links unten: z_7 , usw.)

jedem Feld der Maske wird Faktor m_1 bis m_9 zugewiesen

neuer Wert für den aktuellen Pixel: $V = m_1 * z_1 + m_2 * z_2 + \dots + m_9 * z_9$

Bekannt sind der Sobel- und der Laplace-Operator.

Originalbild:



Sobel-Operator:



Laplace-Operator:



vertikaler und horizontaler Sobel-Operator:

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

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

Laplace-Operator:

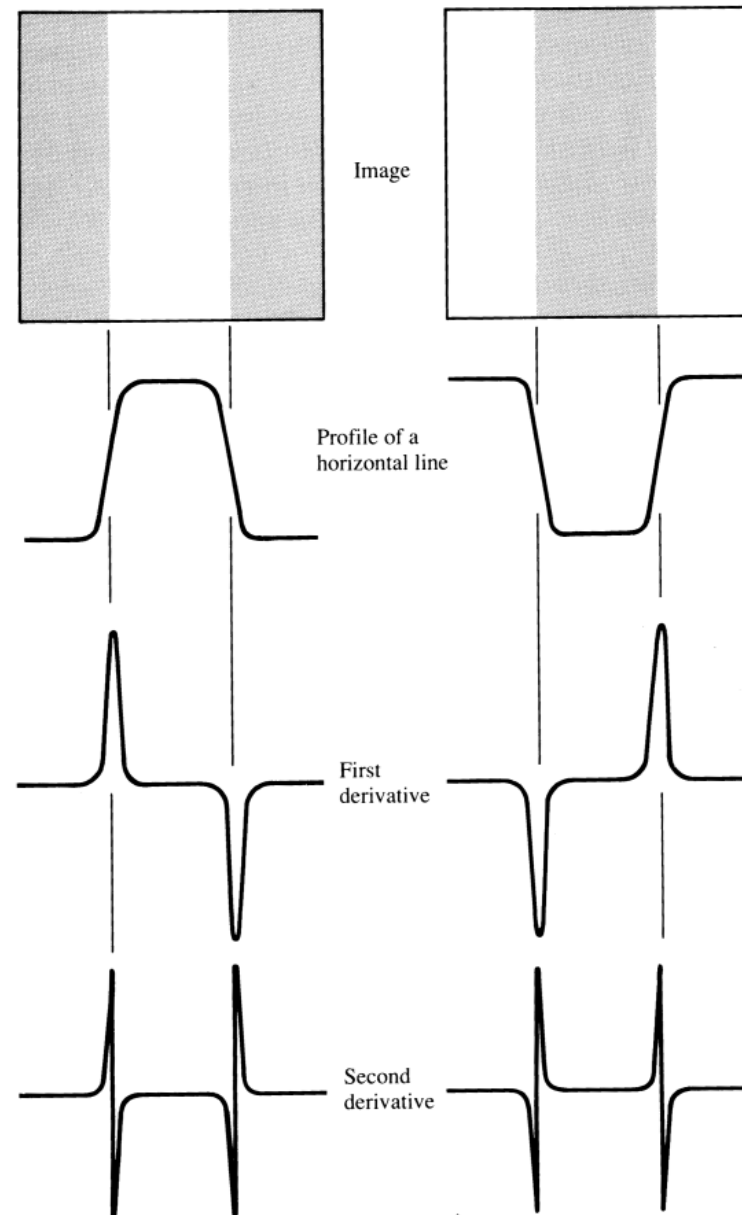
0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Ebenfalls möglicher Ansatz über Gradienten:

- man ziehe eine Gerade durch das Bild
- entlang dieser Gerade kann man die Grauwerte als Funktionswerte in Abhängigkeit von der Position sehen
- in der ersten Ableitung dieser Funktion sind Kanten lokale Maxima
- von vorne anfangen und den nächsten Punkt suchen

erste Ableitung = Gradient (Differenz zwischen zwei Werten)

Nachteil: es wird nur mit Grauwerten gearbeitet



Kantenverfolgung

alle Algorithmen in diesem Abschnitt liefern nur Punkte, die zu einer Kontur gehören

Kantenverfolgungsalgorithmen nötig, um eine Kante zusammzusetzen

sequentieller Algorithmus

Algorithmus muss mit Verzweigungen, Kreuzungen und Lücken klarkommen

5.2.2 Wasserscheidentransformation

- Interpretation der Grauwerte als Gebirge (Grauwertgebirge)
- Wassertropfen streben entlang des größten Gefälles zu einem lokalen Minimum -j, Staubecken
- alle Punkte, von denen aus Tropfen einem Staubecken zustreben sind Einflusszone des Beckens
- Wasserscheide: Trennlinie zweier Staubecken

Vorteile:

- komplette Kantenzüge - kein Kantenverfolgungsalgorithmus nötig
- Segmentierung immer vollständig, zusammenhängend und überdeckungsfrei

Nachteile:

- oft Übersegmentierung: Nachbearbeitung nötig
- Anfälligkeit für Rauschen

5.3 Regionenorientierte Verfahren

auch flächenorientierte Verfahren genannt

betrachten Punktmengen als Gesamtheit

erzeugen prinzipiell zusammenhängende Objekte

Verfahren:

- Region Growing
- Split and Merge
- Pyramid Linking
- Region Merging

5.3.1 Distanz- oder Ähnlichkeitsmaße

Distanzmaße werden oft bei regionorientierter Segmentierung verwendet

Distanzmaß ist Maß für die Ähnlichkeit zweier Regionen (Region kann auch nur aus einem Pixel bestehen)

Beispiel Grauwertabstand: $d(r_1, r_2) = |g_1 - g_2|$ - der Absolutwert der Differenz der Grauwerte beider Regionen

5.3.2 Region Growing

Festlegung von Keimpunkten als Startregionen

- benachbarte Punkte werden zur Region hinzugefügt, wenn Wert der Distanzfunktion unter einem Schwellwert liegt
- Punkte werden auch einverleibt, wenn sie schon zu einer anderen Region gehören (mögliche Vereinigung von Regionen)
- Wiederholung des Wachstums, bis keines mehr möglich ist

Wahl geeigneter Keimpunkte wichtig

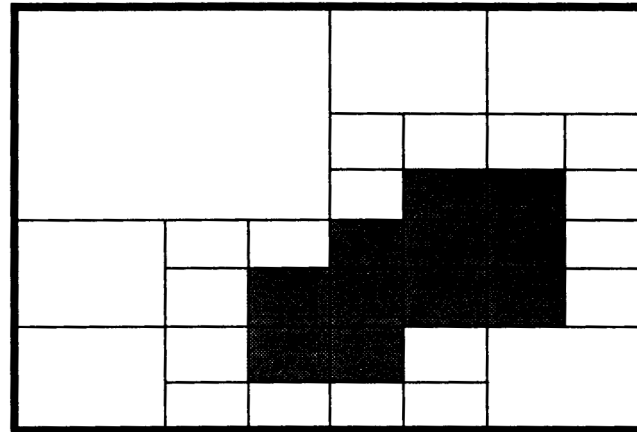
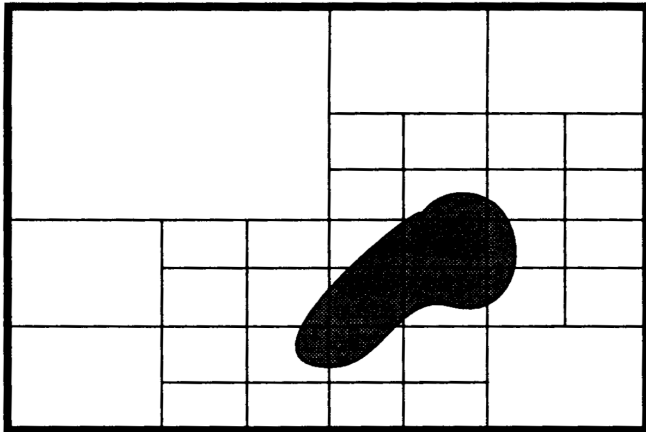
Anzahl Keimpunkt ist obere Schranke für Anzahl der Segmente

5.3.3 Split and Merge

Ausgangsbasis: ganzes Bild eine Region

- Anwendung eines Homogenitätskriteriums
- falls Wert größer als ein Schwellwert - Zerteilung der Region (Split)
- entstehende Regionen werden entsprechend des Kriterium mit benachbarten verglichen
- hinreichend homogen - Vereinigung der Regionen (Merge)
- Wiederholung für alle entstehenden Regionen, bis hinreichend homogen

entstehende Regionen haben oft eckige Kanten, Kantenglättung zur Nachbearbeitung



5.4 Modellbasierte Verfahren

a priori-Wissen (Modell) wird benutzt

Vorteil: verbesserte Ergebnisse

Nachteil: nur für Bilder mit den Vorraussetzungen geeignet

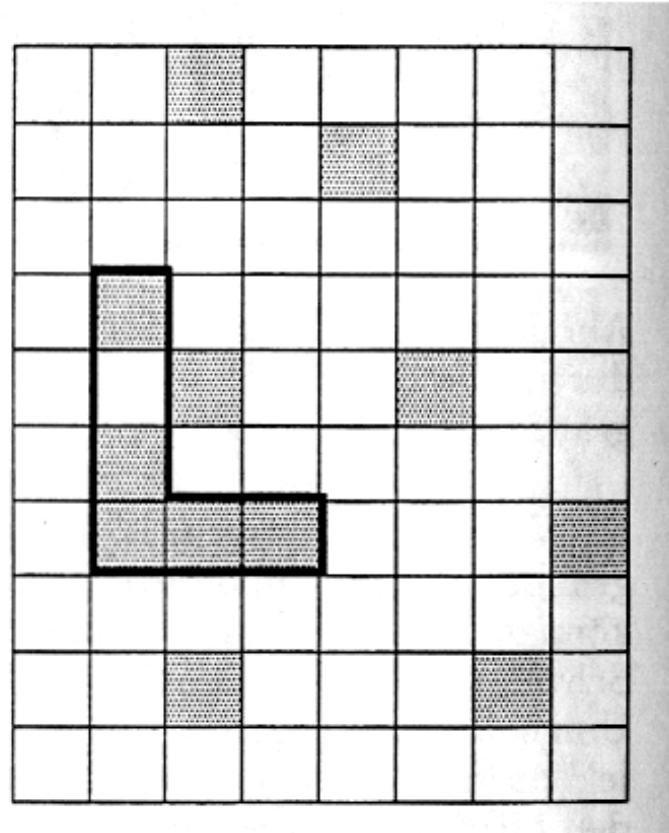
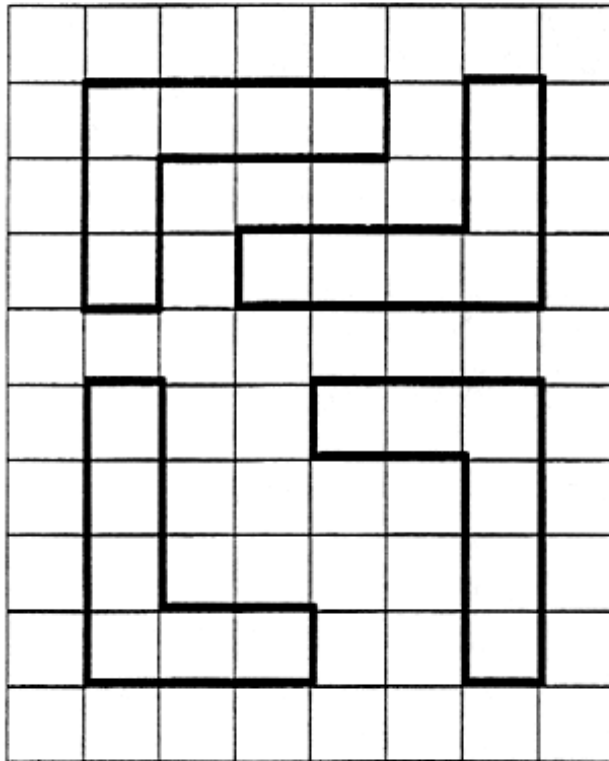
Verfahren:

- Template-Matching
- Hough-Transformation
- statistische Modelle

5.4.1 Segmentierung über Templates

auch: Template-Matching

Es werden bestimmte Vorlagen (Templates) im Bild gesucht.



5.4.2 Hough-Transformation

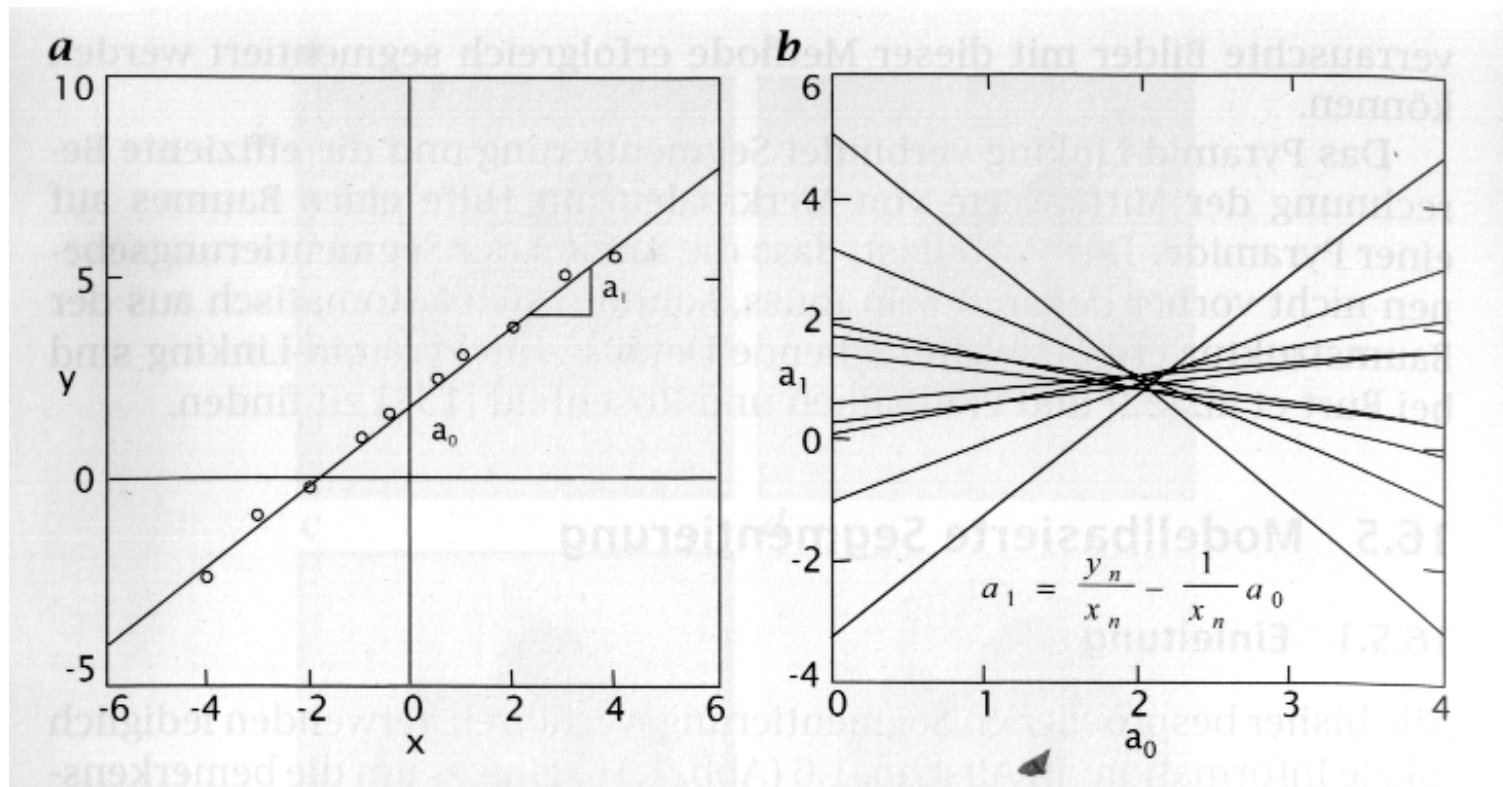
Hough-Transformation bildet Punkte in einem Parameterraum ab, um Geraden, Kreise etc. zu finden

normale Geradengleichung: $y = a_1 * x + a_0$

Abbildung eines Punktes (x_n, y_n) : $a_1 = \frac{y_n}{x_n} - \frac{a_0}{x_n}$

ist wieder eine Geradengleichung, beschreibt alle Geraden, die durch diesen Punkt verlaufen

Liegen mehrere Punkte auf einer Geraden, schneiden sie sich in einem Punkt



5.5 Texturbasierte Verfahren

Problem: oftmals zeichnet sich ein Segment nicht durch einheitliche Farbe, sondern durch einheitliche Struktur aus

Lösung: texturorientierte Verfahren versuchen die Struktur als Homogenitätskriterium zu verwenden

Schwierigkeit: Begriff der Textur ist schwer zu fassen

- signaltheoretische Konzepte (Fourier-Transformation): bisher nicht als verwertbar angesehen
- Coocurrence-Matrizen
- Textureenergiemaße (Texture-Energy-Measure)
- Lauflängenmatrizen (Run-Length-Matrix)
- Fraktale Dimensionen und Maße: bisher wenig erfolgreich, noch Forschungsbedarf
- Markoff-Random-Fields und Gibbs-Potentiale

Grenzbereich zur Klassifikation.

6 Segmentierung von Mehrkanalbildern

manche Verfahren funktionieren auch bei Mehrkanalbildern

Distanzmaße lassen sich leicht auch für Vektoren angeben

möglich ist auch eine gewollte Übersegmentierung und Zusammenfassung auf Basis der Farbinformationen

7 Probleme

Die Qualität einer Segmentierung ist oft stark abhängig von Bildqualität, Algorithmus und gewählten Parametern.

Man kann Probleme durch eine Vorbearbeitung (Preprocessing) vermeiden oder durch Nachbearbeitung beseitigen.

Man kann a-priori-Wissen hinzufügen, um die Qualität der Segmentierung zu verbessern (Beispiel: Anzahl der gesuchten Segmente angeben, um Übersegmentierung und Untersegmentierung zu vermeiden).

Bei Übersegmentierung kann man gleichartige Segmente in einem Nachbearbeitungsschritt zusammenfassen.

8 Quellen

Bücher:

1. Thomas Lehmann, Walter Oberschelp, Erich Pelikan, Rudolf Repges: Bildverarbeitung für die Medizin Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997, ISBN 3-540-61458-3
2. Bernd Jähne: Digitale Bildverarbeitung 5., überarbeitete und erweiterte Auflage Springer-Verlag, 2002, ISBN 3-540-41260-3
3. Dr. Rainer Steinbrecher: Bildverarbeitung in der Praxis, R. Oldenbourg Verlag München Wien, 1993, ISBN 3-489-22372-0
4. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods: Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, 1992, ISBN 0-201-50803-6 (englisch)
5. Thomas Bräunl, Stefan Feyrer, Wolfgang Rapf, Michael Reinhardt: Parallele Bildverarbeitung, Addison-Wesley Publishing Company, 1995, ISBN 3-89319-951-9

Internet:

1. [Wikipedia-Eintrag über Segmentierung](#)
2. [Stefan Nordbruch: Kapitel zu Segmentierung in einer Diplomarbeit zu visionsbasierter Robotersteuerung](#)
3. [Kai Hübner: Techniken zur Farbsegmentierung \(Robocup\)](#)
4. [Sascha Lange: Verfolgung von farblich markierten Objekten \(PDF, Robocup\)](#)
5. [Walter Hafner: Dissertationsarbeit zur Farbsegmentierung](#)
6. [Jochen Frey: Diplomarbeit zur Bildsegmentierung](#)

9 Bildquellen

Seite 4 selbsterstellt mit eCognition

Seite 5 aus Buch Nr. 1 (Seite 360)

Seite 12 aus Buch Nr. 4 (Seite 444)

Seite 13, 14, 16 und 19 selbsterstellt mit Gimp

Seite 20 aus Buch Nr. 4 (Seite 417)

Seite 28 aus Buch Nr. 3 (Seite 206)

Seite 29 aus Buch Nr. 2 (Seite 460)