



(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1004/2007 (51) Int. Cl.⁸: **G06T 5/00** (2006.01)
G06T 5/40 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2007-06-28
(43) Veröffentlicht am: 2009-03-15

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102004009143A1
WO 2005/008569A1

(73) Patentinhaber:
ADVANCED COMPUTER VISION
GMBH - ACV
A-1220 WIEN (AT)

(54) VERFAHREN ZUR EXTRAKTION VON KANTEN

- (57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie einen Datenträger zur Extraktion von Kanten von Objekten in einem digitalen Bild.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass von dem zu beurteilenden Bild ein Gradientenbild erstellt wird und unter Anwendung lokaler Statistik bzw. einer statistischen Kurvenapproximation Kantensegmente ermittelt werden, dass die Kantensegmente in Hinblick auf ihre gegenseitige räumliche Distanz und räumliche Orientierung unter Anwendung eines Ähnlichkeitsmaßes überprüft werden, dass die Enden der Kantensegmente verbunden werden, sofern der ermittelte Ähnlichkeitswert einen vorgegebenen Wert überschreitet und dass die derart verbundenen Kantensegmente und die unverbunden gebliebenen Kantensegmente als Kanten von im Bild enthaltenen Objekten gewertet werden.

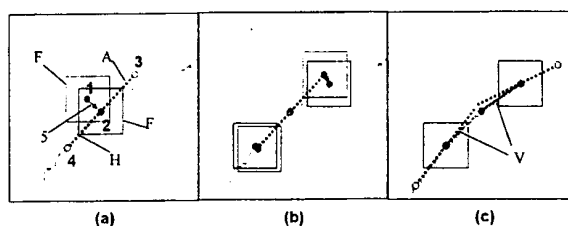


Abb.1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Segmentierungsalgorithmen trennen relevante Daten von irrelevanten Daten und erkennen Bildmerkmale (Konturen, Regionen, Volumen), die unter bestimmten Homogenitätskriterien inhaltlich zusammen gehören. Die Detektion von Segmenten in einem Bild kann durch mehrere Algorithmustypen durchgeführt werden:

Kantenorientierte Verfahren: Kantenoperatoren versuchen Übergänge zwischen Bildbereichen homogener Intensität zu erkennen. Die bekanntesten Kantenoperatoren sind das Sobel, Laplace und das Canny-Verfahren. Kantendetektion ist oft ein Vorverarbeitungsschritt für regionorientierte oder modellbasierte Segmentierungsverfahren.

Regionenorientierte Verfahren: Diese Verfahren betrachten bestimmte Pixelmengen als zusammenhängende Objekte. Schwellwertverfahren wie das „Region Growing“ und „Split and Merge“ sind typische Beispiele. Diese Verfahren haben den Nachteil, dass lokale Bildstörungen oft zur inkorrekt segmentierten Kanten führen können.

Modellbasierte Verfahren: die Beschreibung von Objektkonturen oder Kontursegmenten kann auch mit Hilfe von aktiven Konturen (auch „snakes“ genannt) realisiert werden (Kass et al.: Snakes: Active contour models, 1987). Aktive Konturen sind parametrische Kurven und basieren auf der Minimierung einer Energiefunktion die hauptsächlich aus zwei Ausdrücken besteht: die Innere Energie (Energie des Modells) und die Äußere Energie (wie gut das gegebene Model die detektierten Bildmerkmale beschreibt). Aktive Konturen können Vorwissen (wie etwa die Form der gesuchten Kontur sein sollte) berücksichtigen und können trotz hohen Bildrauschens Konturen guter Qualität extrahieren. Aktive Konturen können nicht mit topologischen Veränderungen umgehen: sie sind nicht in der Lage sich aufzuteilen, wenn ein Segment aus mehreren Teilen besteht. Weiterhin sind sie auf den Initialisierungszustand empfindlich, eine Initialisierung die weiter vom tatsächlichen Kantensegment entfernt ist kann nicht zur gewünschten Lösung führen.

Deformierbare Modelle repräsentiert durch die Level-Set Methode basieren auf einem geometrischen Ansatz (Osher and Sethian, 1988). Es ist ein mathematisches Verfahren um geometrische Objekte numerisch zu beschreiben. Der Vorteil der Methode liegt darin, dass man Kurven auf einem räumlich festen Koordinatensystem berechnen kann, ohne eine Parametrisierung dieser Objekte verwenden zu müssen.

Texturorientierte Verfahren: die Aufteilung eines Bildes in Bereiche die sich aufgrund einheitlicher Texturmerkmale wie zum Beispiel die Textur-Energie von dem Bildhintergrund und anderen Objekten unterscheiden.

Das angemeldete Verfahren ist ein kantenorientiertes Verfahren, wobei der Kantensegmentierungsschritt nur von den extrahierten Bildmerkmalen (Gradienten) getrieben wird. Anders als alle für uns bekannte Methoden, arbeitet es direkt an einem Gradientenbild ohne Verwendung eines Schwellwerts oder Binarisierung. Methoden für Konturverfolgung existieren für binäre Bilder („contour tracing“) wobei die Nachbarschaft jedes Konturpixels geprüft wird und dementsprechend die Kontur ergänzt wird.

Die DE 10 2004 009 143 A1 und die WO 2005/008569 A1 beschreiben Verfahren, die auf einer iterativen Verfeinerung einer Initialsegmentierung mittels aus einem Bild abgeleiteten Größen beruhen (Gradientenorientierung bzw. Gradienten-Vektorflußfeld).

Die Methode gemäß der DE 10 2004 009 143 A1 erzielt eine Segmentierung oder Grenzenbestimmung, wo eine geschlossene Kurve als Grenze entsteht. Eine geometrische Form wird als Initialisierung für ein ROI (region-of-interest), manuell oder automatisch bestimmt. Innerhalb der Region, von einem Punkt ausgehend, wird ein Regionenwachstum-Algorithmus (region gro-

wing) verwendet um eine Initialsegmentierung zu erhalten. Für eine Mehrzahl von Orten wird die Randrichtung relativ zur Bildgradientenrichtung bestimmt. Die Richtungsinformation wird für eine iterative Anpassung/Verbesserung verwendet, wobei eine Aufwandfunktion minimiert wird und dadurch die Initialsegmentierung verfeinert wird.

Die Methode gemäß der WO 2005/008569 A1 beruht auf einer Initialkontur (Seite 10), die durch Segmentierung des Zellkernes erhalten wird. Die Initialkontur wird anhand eines genäherten Gradienten-Vektorflußfeldes iterativ verfeinert, wobei ein parametrisches Konturmodell verwendet wird.

Die zuverlässige Extraktion von zusammenhängenden Kantensegmenten bzw. Kanten aus digitalen Bildern ist ein relevantes Basisthema der Bildverarbeitung. Kanteninformation kann relevante Hinweise über Konturen, d. h. über die Grenzen zwischen Objekten oder von Objekten zum Hintergrund, liefern oder Texturen im Bild charakterisieren. Die abgeleiteten Kontur- und Texturinformationen sind essentielle Informationsträger und wichtige Basismerkmale um Segmentierung, Registrierung oder ansichtsbasierte Objekterkennung realisieren zu können.

Die Problematik der zuverlässigen Kantenextraktion wird durch Störungen wie Rauschen, ungleichmäßige Beleuchtung oder inhomogenen Hintergrund erschwert. Kanten sind hochfrequente Bildanteile wie Rauschsignale. Die Schwierigkeit besteht nun darin, die hochfrequenten Bildanteile, die durch tatsächliche Kanten verursacht worden sind, auch diesen zuzuordnen und das Rauschen als solches zu erkennen. Die meisten Kantenextraktionsverfahren verwenden eine Suchmethode oder eine Detektionsmethode der Nulldurchgänge. Suchmethoden lokalisieren und segmentieren Maxima und Minima im Gradientenbild (erste Ableitung der Intensitätsverteilung im Bild). Methoden mit Nulldurchgangdetektion verwenden die zweite Ableitung der Bildintensitäten. Beide Verfahren benötigen mehrere Nachbearbeitungsschritte, wie Binarisierung unter Verwendung eines oder mehrerer Schwellwerte und Eliminierung von falschen Stellen mit Gradientenextrema. Das Ergebnis eines Kantenextraktionsverfahrens ist ein binäres Bild. Zusätzlich, um eine Vektorrepräsentation, d. h. eine Liste diskreter Punkte, geordnet entlang der Kantensegmente zu erzielen, müssen die Kantensegmente noch auf Segmente mit der Breite von 1 Pixel reduziert und verfolgt werden.

Ziel der Erfindung ist die Erstellung einer Methode für Kantenextraktion, die direkt in einem Gradientenbild ohne Binarisierung bzw. Einsatz von Schwellwerten auf eine effiziente Weise eine vektorielle Repräsentation der Kanten liefert, robust gegen Störeffekte wie Bildrauschen ist und mit geringem Rechenaufwand durchführbar ist.

Diese Ziele werden bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den im Kennzeichen des Anspruchs 1 angeführten Merkmalen erreicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine fehlertolerante Kurvenapproximation der Gradienten mittels lokaler Statistik im Bildraum. Die Kurvenapproximation ergibt Kantensegmente auf eine robuste Weise in Echtzeit.

Bei der erfindungsgemäßen Vorgangsweise wird keine Bedingung für die Eigenschaften der Grenzen (geschlossen, offen) festgelegt. Es wird ferner keine Region-Initialisierung verwendet oder benötigt. Es wird auch Initialsegmentierung benötigt. Das erfindungsgemäße iterative Verfahren erzeugt inkrementell einen Satz verbundener, stückweise geradliniger Liniensegmente aus einem Gradientenbild. Die Repräsentation der Kantensegmente entspricht einer Vektorrepräsentation (Stützpunkte), im Gegensatz zur diskreten Pixelrepräsentation. Es wird die lokale Orientierung der Bildgradienten auch für eine Mehrzahl von Orten bestimmt. Diese Information wird aber in einem iterativen Vorgang zur inkrementellen Erstellung von Kurvenstützpunkten entlang der gerechneten Richtungen verwendet. Diese Vorgangsweise stellt keine iterative Anpassung einer Initialform zu Bildgradienten dar.

Erfindungsgemäß wird keine Kontur-Initialisierung verwendet oder benötigt. Das erfindungsgemäße Verfahren beschreibt die inkrementelle Erstellung eines parametrischen Konturmodells, wobei keine Initialkontur benötigt und keine iterative Verfeinerung/Optimierung durchgeführt wird.

Eine rechnerisch einfache Vorgangsweise für die Anwendung eines Ähnlichkeitsmaßes wird mit den Merkmalen des Anspruches 3 erreicht. Bei dieser Vorgangsweise erhält man klare Aussagen hinsichtlich der Zusammengehörigkeit von Kantensegmenten. Diese Vorgangsweise wird durch Anwendung der Merkmale des Anspruches 4 gestützt.

Für eine rasche Rechnung, insbesondere in Echtzeit, sind die Merkmale des Anspruches 6 von Vorteil. Die derart vorgenommene Ermittlung liefert exakte Ergebnisse, die der Realität gut entsprechen.

Für die Durchführung des Verfahrens zeigte es sich in der Praxis als vorteilhaft, wenn die Merkmale der Ansprüche 7 bis 9 verwirklicht sind, da damit die Vorgangsweise vereinfacht und praxisgerecht ausgelegt werden kann.

Die Vorgangsweise gemäß den Merkmalen der Ansprüche 10 und 12 betreffen Abbruchkriterien, um die Vorgangsweise an die Praxis anzupassen bzw. um die wesentlichen Einzelheiten des Gradientenbildes zu erfassen.

Die Erfindung umfasst des weiteren auch einen Datenträger, auf dem ein Programm zur Ausführung der erfindungsgemäßen Vorgangsweise gespeichert ist.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Abb. 1 zeigt einzelne Schritte einer lokalen Kurvenapproximation mittels Verfolgung, um Kantensegmente aus einem Gradientenbild zu bestimmen. Abb. 2 zeigt die Verbindung von Kantensegmenten. Abb. 3 zeigt ein Flussdiagramm.

Für die Durchführung des erfindungsgemäßen Kantenextraktion-Verfahrens wird, wie Abb. 1 zugrundegelegt, ein Gradientenbild mittels bekannter Verfahren (z. B. Hochpass-Filter) berechnet. Dieses Gradientenbild enthält die Verteilung der Stärke der Gradienten. Es ist dabei zu beachten, dass die Ergebnisse der Gradientenberechnung typischerweise mit Fehlern behaftet sein können; insbesondere werden bestimmte Gradienten nicht oder schwach erfasst, wie z.B. Objektkonturen eines Objektes mit niedrigem Kontrast oder mit überlagertem Bildrauschen. Zusätzlich können auch falsche Detektionsergebnisse vorliegt, hauptsächlich durch Bildrauschen.

Die Gradientendaten bilden Strukturen, wie z.B. Linien, gekrümmte Strukturen, die die Intensitätsänderungen innerhalb von Bildobjekten und entlang ihrer Grenzen widerspiegeln. Ziel der Kantenextraktion ist die Verfolgung dieser Strukturen und die konsistente Beschreibung der Gradientenverteilung.

Entsprechend Abb. 1 werden innerhalb eines lokalen Fensters F vorgegebener Größe bzw. mit einer lokal abgegrenzten Bilddatenmenge statistische Größen berechnet, nämlich

1. der Schwerpunkt 2 und Absatz 5 gegenüber einem vorgegebenen Startpunkt 1
2. die lokale Orientierung bzw. Hauptachsen H der Gradientenverteilung

Der Schwerpunkt der lokalen Bilddatenmenge deutet auf die wahrscheinlichste Kantenposition hin und die lokale bzw. dominante Orientierung zeigt die Hauptrichtung des lokalen Kantensegments an. Die Kurvenverfolgung wird an allen Stellen im Gradientenbild, an denen ausgeprägte Gradienten vorhanden sind, iterativ ausgeführt. Entlang der Hauptachse bzw. der domi-

nanten Orientierung wird schrittweise eine Kurve gelegt, wobei die Kurvenstützpunkte durch die Schwerpunktpositionen der Gradientenverteilung definiert sind. Die vorgenommene Kurvenapproximation ist in Abb. 1 näher dargestellt. Bildbereiche im Gradientenbild, die durch eine Kurve beschrieben sind, werden markiert und nur einmal für die Kurvenbeschreibung verwendet.

Gemäß Abb. 1a geht die lokale Kurvenapproximation von einem beliebigen Startpunkt 1 aus. Dieser Startpunkt 1 liegt in einem vorgegebenen Fenster F mit einer vorgegebenen Anzahl von Bilddaten. Für die Fenster F bzw. die Bilddaten wird mit lokalen statistischen Methoden der Schwerpunkt 2 ermittelt. Der Schwerpunkt 2 wird aus der vorgegebenen lokalen Gradientenverteilung ermittelt. Mit lokalen statistischen Methoden wird für einen Schwerpunkt 2 die Hauptachse H dieser Verteilung ermittelt. In Richtung der Hauptachse H der Verteilung, an beiden Enden der Hauptachse, werden neue, in einem vorbestimmten Abstand A gelegene Startpunkte 3, 4 gewählt. Wie in Abb. 1b dargestellt, werden in der Umgebung der neuen Startpunkte 3, 4 erneut der Schwerpunkt und ferner die Orientierung bzw. eine neue Hauptachse bezüglich dieses neuen Schwerpunktes bestimmt. Im Folgenden werden, wie in Abb. 1c dargestellt, basierend die gefundenen Schwerpunkte als Kurvenstützpunkte definiert und es werden Verbindungslinien V gezogen, die als Kurvensegment betrachtet werden. Es wird so lange iteriert, bis keine neuen Schwerpunkte gefunden werden. Die aneinandergereihten Kurvensegmente ergeben ein Kantensegment.

Es ist festzustellen, dass die Gradienten in der Praxis üblicherweise unvollständig definiert sind. Schwacher Kontrast, Bildrauschen erzeugen schwach ausgeprägte oder fehlerbehaftete Datenverteilungen. Die durch lokale Kurvenapproximation generierten Kantensegmente KS werden aus diesem Grund miteinander verglichen und Kantensegmente $KS1$, $KS2$ mit ähnlichen Eigenschaften, insbesondere in Hinblick auf die Steigung der Kantensegmente bzw. Steigung bzw. Orientierung der Verbindungslinie VL , werden miteinander verbunden und bilden sodann eine Kante.

Auf diese Weise können Kanten erfasst werden und Störungen in den Bilddaten, z.B. aufgrund des Fehlens von Gradienteninformation oder aufgrund stark verrauschter Bildintensitäten, werden zu großen Maßen toleriert.

Es ist vor allem zu bemerken, dass durch Anwendung einer lokalen Statistik, die einen größeren Bildbereich umfasst, Messwerte erhalten werden, die gegen Störungen wie Rauschen oder fehlende Information robuster sind.

Die Auswertung der lokalen Statistik der Gradientenverteilung erfolgt vorteilhaft nach der Methode von Einbeck et al., so wie diese in J. Einbeck, G. Tutz, L. Evers, "Exploring Multivariate Data Structures with local Principal Curves", Proceedings GfKI (Conference of the German Classification Society), April 2004, beschrieben ist. Es ist auch möglich, andere lokale Statistiken einzusetzen.

Bildbereiche mit ausgeprägten Gradienten werden konsekutiv verarbeitet und Kantensegmente werden generiert. Ein Kantensegment wird beendet, falls die Dichte der Gradientenwerte in einem Fenster unter einen Schwellwert fällt oder die Grenze des Bildes erreicht wird.

Die Kurvenapproximation durch lokale Statistik toleriert größere Unterbrechungen bzw. Diskrepanzen in der Datenverteilung nicht, da dies über die Grenzen einer lokalen Beschreibung geht. Die Kurvenverfolgung liefert k Kantensegmente $\{T_1, \dots, T_k\}$ mit $2k$ Endpunkten. Abb. 2 zeigt ein Beispiel, wie eine Verbindung zwischen zwei Segmenten vorgenommen wird.

Eine Verbindung muss folgende Bedingungen erfüllen:

(1) die Verbindung zwischen zwei Kantensegmenten $KS1$, $KS2$ soll stetig verlaufen, d.h. die Orientierung der Verbindungslinie VL muss ähnlich sein wie die von den Kantensegmenten,

d.h., die Orientierung der Kantensegmente und der Verbindungslinie müssen konsistent und möglichst stetig sein, d.h. vorgegebene Verbindungskriterien erfüllen.

(2) die Endpunkte der Kantensegmente KS1, KS2 müssen ferner eine vorgegebene räumliche Proximität haben.

Abb. 2 zeigt eine Möglichkeit der Verbindung von zwei Kantensegmenten KS1, KS2. Die Verbindung dieser zwei Kantensegmente kann erfolgen, wenn die Steigungswerte der Enden der beiden Kantensegmente einen gewissen Wert unterschreiten. In der dargestellten Form gemäß Abb. 2 müssen die Winkel α und β ein gewissen Ähnlichkeitskriterium erfüllen. Des weiteren darf der Abstand bzw. die Länge der Verbindungslinie VL zwischen den Enden der beiden Kantensegmente einen vorgegebenen Wert nicht überschreiten. Vorteilhafterweise wird $l < 15$ Pixel gewählt.

Bei der Bestimmung des Neigungswinkels bzw. Orientierung der Endbereiche der Kantensegmente KS1, KS2, werden die Winkel α und β bestimmt, indem durch eine vorgegebene Anzahl von am Ende der Kantensegmente KS1, KS2 liegenden Datenpunkten einer Geraden G gelegt wird. Die Anzahl der Datenpunkte, die von dieser Geraden G angenähert wird, wird vorgegeben und kann z.B. größer als 5 sein, insbesondere zwischen 8 und 12 Datenpunkten, liegen. Die Winkel α und β werden in Bezug auf die Verbindungsgerade VL bzw. die Richtung des Abstandes zwischen den Endpunkten gemessen.

Sofern die Enden der Kantensegmente einen vorgegebenen Abstand l unterschreiten, werden die Enden der Kantensegmente KS1, KS2 durch eine Verbindungslinie verbunden oder die Kantensegmente KS1, KS2 werden durch Verschieben eines oder beider Kantensegmente direkt aneinander gereiht.

Abb. 3 zeigt den Verfahrensablauf bei der Kantenextraktion mittels Gradientenverfolgung. Die Generierung der Kantensegmente aus den ursprünglichen Bilddaten erfolgt in Echtzeit für herkömmliche Bildauflösungen. Nach der Berechnung eines Gradientenbildes wird das Vorhandensein von Startpunkten überprüft. Startpunkte sind dann nicht vorhanden, wenn bereits sämtliche Bildpunkte verbraucht wurden oder eine gewisse Gradientenstärke nicht überschreiten. Wenn ein Bild abgearbeitet ist, und keine neuen Kantensegmente erstellt werden können, erfolgt die Verbindung der Kantensegmente abhängig von der ermittelten Ähnlichkeit. Es werden vorteilhaft alle Enden der Kantensegmente miteinander bezüglich ihrer Ähnlichkeit zueinander überprüft. Diese Kanten können für die aufgenommenen Objekte durchgehend deren Kanten wiedergeben oder nur Teile der am bzw. im Objekt vorhandenen Kanten wiedergeben. Die mit der erfindungsgemäßen Vorgangsweise ermittelten Kanten geben je nach der Qualität des durchgeführten Verfahrens die im Bild vorhandenen Kanten mehr oder weniger exakt wieder.

Sofern Startpunkte vorhanden sind, wird ein Startpunkt gewählt und es erfolgt, wie beschrieben, eine Ermittlung des Schwerpunktes für eine lokal begrenzte Datenmenge bzw. erfolgt durch iterative Berechnung von weiteren Schwerpunkten eine Kurvenapproximation. Diese Approximation erfolgt solange bis die Stärke der Gradienten kleiner wird als ein vorgegebener Schwellwert oder der Bildrand erreicht wird. Eine weitere Verfolgung der Gradienten kann dann abgebrochen werden, wenn die Summe der Gradientenstärken der lokal abgegrenzten Bilddatenmenge geteilt durch die Anzahl der in der lokalen Bilddatenmenge vorhandenen Bilddaten einen vorgegebenen Schwellwert bzw. Dichtewert unterschreitet.

Ein lokales Fenster F wird vorzugsweise quadratisch gewählt und umfasst üblicherweise 10 bis 20 Werte in jeder seiner Richtungen. Der Abstand des neuen Startpunktes 3, 4 in Hauptrichtung H gesehen von einem ermittelten Schwerpunkt 2 beträgt etwa die Diagonale eines lokalen Fensters F.

Von einer dominanten Orientierung wird dann gesprochen, wenn die festgestellte Anisotropie der lokalen Bilddaten größer als ein vorgegebener Wert ist. Die vorgesehenen statistischen Methoden zur Ermittlung der Hauptachse der lokal abgegrenzten Bilddatenmenge ermöglichen die Ermittlung von Anisotropiewerten, und sofern die ermittelte Anisotropie einen vorgegebenen

5 Schwellwert nicht überschreitet, wird die von dem lokalen Fenster erfasste Bilddatenmenge nicht zur Ermittlung eines weiteren Schwerpunktes herangezogen. Es handelt sich dabei allenfalls um Bilddaten mit kompakt verteilten Gradientenmaxima oder Flächen im Bild ohne wesentlichen Kontrastunterschied.

- 10 Unter Absatz 5 ist der Vektor zu verstehen, der vom gewählten Startpunkt 1 zum ermittelten Schwerpunkt 2 verläuft.

Zur Ermittlung des Schwerpunktes 2 wird ein lokales Fenster F bezüglich des Startpunktes 1 vorgegeben bzw. errichtet und zur Ermittlung der Hauptachsen H werden die in einem lokalen

15 Fenster F bezüglich des Schwerpunktes 2 befindlichen Bilddaten herangezogen werden. Die Bilddaten, die zur Ermittlung des Schwerpunktes 2 herangezogen werden und der Bilddaten, die zur Ermittlung der Hauptachsen 4 herangezogen werden, sind somit unterschiedlich.

- 20 In Abb. 4 ist das Ergebnis der Kantenextraktion mittels Gradientenverfolgung dargestellt. Man erkennt, dass Kantensegmente entlang alle wesentlichen Gradienten extrahiert werden können.

Patentansprüche:

- 25 1. Verfahren zur Extraktion von Kanten von Objekten in einem digitalen Bild, *dadurch gekennzeichnet*,
- dass von dem zu beurteilenden Bild ein Gradientenbild erstellt wird und unter Anwendung lokaler Statistik bzw. einer statistischen Kurvenapproximation Kantensegmente ermittelt werden,
 - 30 - dass die Kantensegmente in Hinblick auf ihre gegenseitige räumliche Distanz und räumliche Orientierung unter Anwendung eines Ähnlichkeitsmaßes überprüft werden,
 - dass die Enden der Kantensegmente verbunden werden, sofern der ermittelte Ähnlichkeitswert einen vorgegebenen Wert überschreitet und
 - dass die derart verbundenen Kantensegmente und die unverbunden gebliebenen Kantensegmente als Kanten von im Bild enthaltenen Objekte gewertet werden.
- 35
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Verbindung von Kantensegmenten zugelassen wird, wenn eine Verbindung dieser Segmente als konsistent und stetig zu bewerten ist.
- 40
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass zur Ermittlung der Ähnlichkeitswerte die Länge (l) des Abstandes zwischen den Endpunkten von zu verbindenden Kantensegmenten (KS1, KS2) und die Winkel (α , β) der Endbereiche von zur Verbindung vorgesehenen Kantensegmenten mit einer die Endpunkte der Kantensegmente (KS1, KS2)
- 45 verbindenden Geraden (VL) herangezogen werden und eine Verbindung dann zugelassen wird, wenn die Länge (l) des Abstandes und die Summe der Winkel (α , β) jeweils einen vorgegebenen Schwellwert unterschreiten.
- 50
4. Verfahren nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass zur Bestimmung der Winkel (α , β) die Orientierung bzw. Richtung des Endbereiches des jeweiligen Kantensegmentes (KS1, KS2) ermittelt wird, indem eine vorgegebene Anzahl von Punkten im Endbereich des jeweiligen Kantensegmentes (KS1, KS2) durch eine Gerade (G) angenähert wird.
- 55
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass das insbesondere durch Anwendung zumindest eines Hochpassfilters erstellte Gradientenbild die

Stärke der Gradienten bzw. normierte Gradientenstärken enthält.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Gradientenbild, ausgehend von einem vorgegebenen Startpunkt (1) der Schwerpunkt (2) und die durch den Schwerpunkt (2) verlaufende und insbesondere dominante Orientierung aufweisende Hauptachse für eine lokal abgegrenzte Bilddatenmenge (2) unter Anwendung einer lokalen Statistik ermittelt werden, worauf für einen neuen, auf dieser Hauptachse in einem vorgegebenen Abstand vom ermittelten Schwerpunkt (2) gelegenen Startpunkt (3, 4) eine neue lokal abgegrenzte Bilddatenmenge gewählt und wiederum der Schwerpunkt und die auf diese Weise durch den Schwerpunkt verlaufende Hauptachse ermittelt werden und die iterativ ermittelten Schwerpunkte als Kurvenstützpunkte eines Kantensegments angesehen werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass als Startpunkt (1) ein lokales Maximum des Gradientenbildes gewählt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass die einzelnen lokal abgegrenzten Bilddatenmengen gleich groß bzw. durch gleich große Fenster (F) begrenzt sind, wobei der Startpunkt (1) vorteilhafterweise in der Mitte des Fensters (F) gelegen ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass zur Ermittlung der Orientierung der Hauptachsen die Eigenwerte der Kovarianzmatrix der durch das Fenster (F) lokal abgegrenzten Bilddatenmenge herangezogen werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass von einer lokal abgegrenzten Bilddatenmenge erfassten aber außerhalb der Gradientenmatrix gelegenen Punkten der Gradientenwert 0 zugeordnet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass bei der Durchführung der lokalen Statistik bzw. der Kurvenapproximation jeder Punkt bzw. Bildbereich der Gradientenmatrix nur einmal zur Ermittlung eines Schwerpunktes bzw. Kantensegmentes herangezogen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass für eine lokal begrenzte Bilddatenmenge nur dann ein Schwerpunkt ermittelt wird, wenn ihre Dichte einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.
13. Datenträger, *dadurch gekennzeichnet*, dass auf ihm ein Programm zur Ausführung des in den Ansprüchen 1 bis 12 beanspruchten Verfahrens gespeichert ist.

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

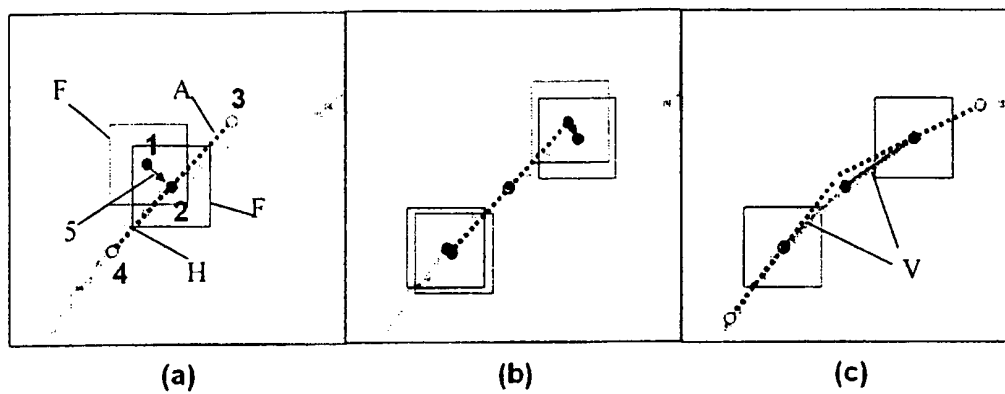


Abb.1

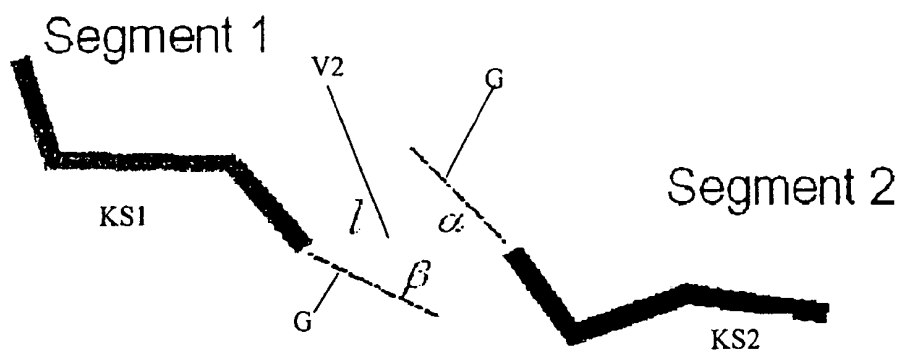


Abb. 2

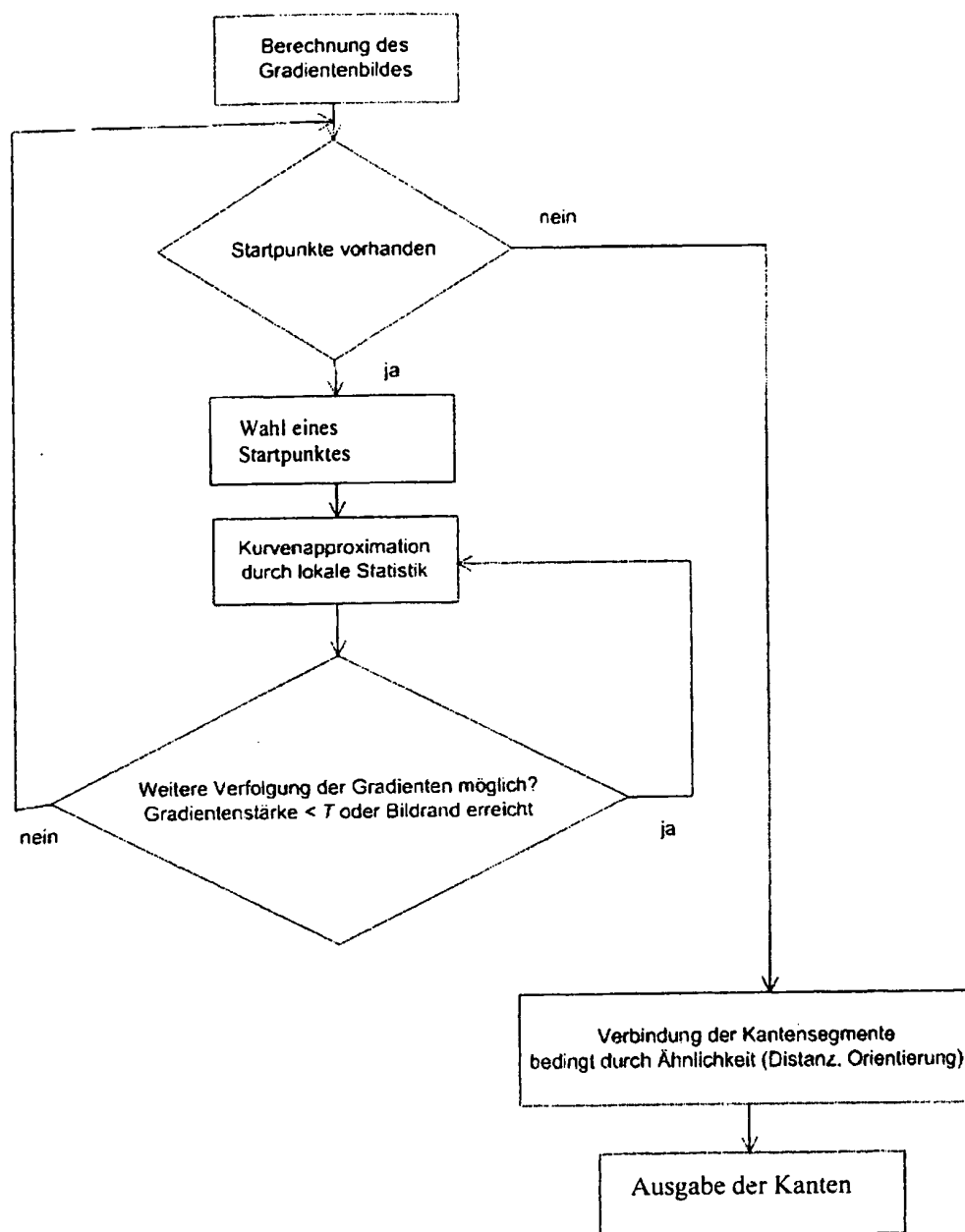


Abb. 3

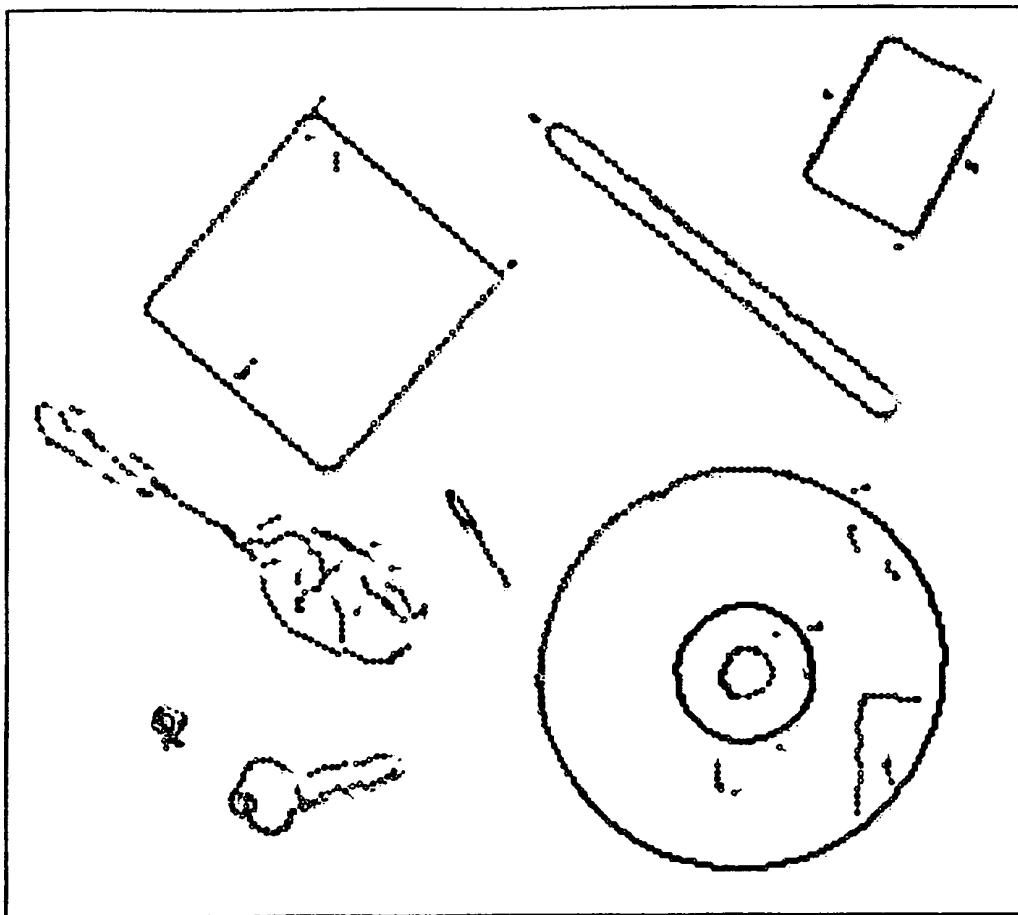


Abb. 4