



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G06T 7/40</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/13143</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 9. März 2000 (09.03.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/06240</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 25. August 1999 (25.08.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 38 806.3 26. August 1998 (26.08.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V. [DE/DE]; Hofgartenstrasse 8, D-80539 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HUB, Andreas [DE/DE]; Elmauerstrasse 25, D-81377 München (DE). FROMHERZ, Peter [DE/DE]; Berchemstrasse 97, D-80686 München (DE).</p> <p>(74) Anwalt: HERTZ, Oliver; v. Bezold & Sozien, Akademiestrasse 7, D-80799 München (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>	

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING COLOURS OF AN OBJECT

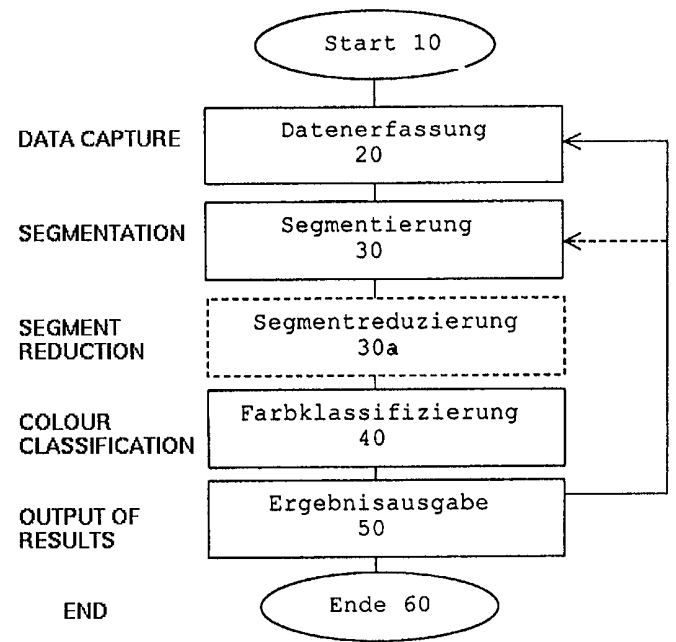
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERFASSUNG VON OBJEKTFARBEN

(57) Abstract

The invention relates to a method for detecting an object which comprises the following steps: capture of data or an image, whereby image data are determined from a representation of a scene; and classification of the colours of at least one predefined object found in said scene to determine a perceived object colour. A mean colour parameter, which is essentially constant for the entire object, is assigned by means of a fuzzy control classification of all image points of the object to one particular colour class from a plurality of colour classes in a defined colour zone. The assigned colour class of the object colour corresponds to the visually perceived colour of the object in the scene. The invention further relates to a visual aid for carrying out said method.

(57) Zusammenfassung

Ein Verfahren zur Objekterfassung umfaßt die Schritte: Daten- oder Bildaufnahme, bei der aus einer Abbildung einer Szene Bilddaten ermittelt werden, und Farbklassifizierung für mindestens ein vorbestimmtes Objekt der Szene zur Ermittlung einer wahrgenommenen Objektfarbe, wobei ein für das gesamte Objekt im wesentlichen konstanter, mittlerer Farbparameter mit einer Fuzzy-Control-Klassifizierung aller zum Objekt gehörenden Bildpunkte einer Farbklasse unter einer Vielzahl von Farbklassen in einem vorbestimmten Farbraum zugeordnet wird, wobei die zugeordnete Farbklasse der Objektfarbe der visuellen Farbwahrnehmung des Objekts in der Szene entspricht. Es wird auch eine Sehhilfvorrichtung zur Implementierung des Verfahrens beschrieben.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung von ObjektfarbenBeschreibung

Die Erfindung betrifft Verfahren zur optischen Objekterfassung, insbesondere zur Erfassung von Objekt- und Segmentfarben (im folgenden kurz: Objektfarben), aber auch zur Erfassung geometrischer Objekteigenschaften, wie z.B. die Größe, Position und Entfernung von Objekten in einer Bildszene, und Vorrichtungen zur Anwendung der Verfahren. Unter Erfassung von Objektfarben wird allgemein die Ermittlung der Wahrnehmung von Objektfarben und somit die Ermittlung einer Farbangabe (z. B. Angabe einer Farbwahrnehmungsklasse) zu einem erfaßten Objekt verstanden, die ein Beobachter des Objekts in der aktuellen Szene bei visueller Betrachtung zur Bezeichnung seiner Farbwahrnehmung nennen würde oder wie sie in anderen psycho-physischen Experimenten objektiv bestimmt werden können (z.B. Nachmischen von Farben, Detektion, experimentelle Kompensationsexperimente).

Das menschliche visuelle System ist dazu eingerichtet, in Bruchteilen von Sekunden beim Beobachter Eigenschaften einzelner Objekte oder Segmente im Gesichtsfeld bewußt werden zu lassen. Die betrachteten Objekte werden durch Informationen über die Farbe, Größe und Entfernung und dgl. erfaßt, wodurch insbesondere ein sicheres Bewegen im Raum ermöglicht wird. Die visuelle Objekterkennung erfolgt durch eine Erfassung von Objekt- oder Segmentgrenzen und eine Zuordnung von Objektfarben, denen auf der Grundlage der Erfahrung eine bestimmte Bezeichnung zugeordnet wird. Die Wahrnehmung von Objektfarben und -grenzen stehen in gegenseitiger Wechselwirkung. Die exakten Zusammenhänge bezüglich der Funktionsweise dieser Wechselwirkung im menschlichen Gehirn sind erst teilweise verstanden. Im Falle von Störungen im visuellen System (z.B. bei Blindheit

oder Farbenblindheit) wird die Objekterkennung ganz oder teilweise beeinträchtigt, woraus sich z.B. Orientierungsprobleme ergeben.

Es sind verschiedene Systeme bekannt, um blinden oder sehschwachen Personen die Erkennung von Gegenständen oder deren Betrachtung zu ermöglichen oder zu erleichtern. Auf der Grundlage des Global Positioning System (GPS-System) wurde ein "Personal Guidance System" genanntes, satellitengesteuertes Leitsystem entwickelt, mit dem sich Personen mit Sehstörungen mit Hilfe eines elektronischen Kompaß wichtige Orte wie z.B. Bushaltestelle oder Telefonzellen orten lassen können. Bei diesem System erfolgt keine Objekterkennung. Es ist nur für Objekte anwendbar, die in den systeminternen Topografien gespeichert sind. Damit ist das GPS-System auf spezielle Anwendungen, z.B. im öffentlichen städtischen Raum, beschränkt und beispielsweise in engen, geschlossenen Räumen mit zahlreichen, ggf. beweglichen Gegenständen nicht nutzbar.

Es ist ferner ein als Sehhilfe für Personen mit reduzierter Sehleistung, kommerziell angebotenes Farberkennungsgerät bekannt ("Color Test 150", Anbieter Care Tec Deutschland GmbH), bei dem mit einem Sensor punktweise eine Farbmessung erfolgt, deren Ergebnisse (Farbton, Helligkeit und Sättigung des vermessenen Punktes) über einen Lautsprecher ausgegeben werden. Die lokale Farbmessung mit einem einzigen Sensor besitzt die folgenden Nachteile.

Die menschliche oder visuelle Farbwahrnehmung in Bezug auf einen bestimmten Bereich im Gesichtsfeld (Punkt, Objekt, Segment) ist einerseits von rein lokalen Eigenschaften dieses Bereichs abhängig (hauptsächlich vom lokalen Reflexionsgrad und von der spektralen Energieverteilung der Beleuchtung bzw. bei Selbstleuchtern von der ausgesandten Strahlung). Andererseits ist die menschliche Farbwahrnehmung auch von der Umgebung des betrach-

teten Bereiches abhängig. So läßt sich z.B. allein durch Änderung der Umgebung die wahrgenommene Farbe beeinflussen, was sich beispielsweise beim simultanen Farbkontrast bzw. bei der Farbinduktion und in extremer Form beim sogenannten Land-Effekt zeigt. Der Umgebungseinfluß auf die wahrgenommenen Farben eines bestimmten Bereiches nimmt mit zunehmenden Abstand ab. Die unmittelbare Umgebung ist somit von besonderer Bedeutung für die Farbwahrnehmung. In welcher Weise die Gradienten, die durch die Form von Objekten oder durch Inhomogenitäten der Beleuchtung hervorgerufen werden, sich auf die Farbwahrnehmung auswirken, ist bislang nur teilweise geklärt. So ist beispielsweise die Farbkonstanzleistung des Gehirns (Invarianz der wahrgenommenen Objektfarbe bezüglich Beleuchtungsänderungen) erst zum Teil verstanden (siehe Publikation „Computational models of color constancy“ A. C. Hurlbert in „Perceptual Constancy“, Hrsg. V. Walsh et al., Cambridge University Press, Cambridge, 1998).

Beim lokal messenden Farberkennungsgerät werden die Umgebungsfarben nicht berücksichtigt, so daß die Farbwahrnehmung im allgemeinen verfälscht angegeben wird.

Außerdem muß das Farberkennungsgerät in die Nähe des zu messenden Objektes gebracht werden. Die Messungen beziehen sich nur auf die implementierten Lichtarten, so daß bereits die lokale Farbmessung starken Einschränkungen unterworfen ist. So schließt eine Punktmessung aus, daß zwischen Objekt- und Beleuchtungsfarbe unterschieden werden kann, sofern nicht eines von beiden bekannt ist. Für Farbwahrnehmungen, die stark von der Umgebung abhängen, wie z.B. "Braun" oder "Grau", kann das Gerät bauartbedingt keine richtigen Ergebnisse liefern.

Weitere Nachteile des herkömmlichen Farberkennungsgerätes bestehen darin, daß keine Angaben über geometrische Objekteigenschaften wie z.B. die Objektgröße oder die Entfernung bestimmter Objekt im Raum geliefert können. Außerdem ist es nicht mög-

lich, Farben des Hintergrundes (z.B. des Himmels bzw. von Hintergrundsegmenten) zu vermessen.

Das Interesse an einer Farberkennung, mit der die menschliche Farbwahrnehmung simuliert wird, ist nicht auf das Gebiet der Sehhilfen beschränkt. Es besteht vielmehr auch im Bereich der Druck-, Lebensmittel- und Chemieindustrie sowie im Graphik- und Designbereich ein Bedarf an möglichst objektiven Mitteln zur Objekterfassung, insbesondere zur Erfassung der Farbwahrnehmung von farbigen Produkten.

In der Publikation von Q. Chen et al. in „Proc. of IEEE Intern. Conference on Computer Vision“, Cambridge, MA, USA, 1995, Seite 591 ff., ist ein Verfahren zum Erkennen menschlicher Gesichter in Bildern auf der Grundlage der Erfassung der Gesichtsfarbe bekannt. Dabei wird einzelnen Bildpixeln unter Verwendung einer Fuzzy-Klassifizierung jeweils eine Farbe zugeordnet und diese Farbe in Bezug auf die Zugehörigkeit zu bestimmten Gesichtsfarben untersucht. Die pixelweise Klassifizierung erlaubt allgemein keine Rückschlüsse auf die durch einen Beobachter wahrgenommene Farbe. Nur in Kombination mit anderen Eingangsinformationen (geometrische Informationen oder Informationen aus Vergleichsbeispielen) wäre eine Zuordnung zu Wahrnehmungsklassen möglich. Dies kann für spezielle Objekte mit bekannten charakteristischen Eigenschaften sinnvoll sein, besitzt aber in Anbetracht der praktisch unendlichen Zahl von Objekten und Betrachtungsbedingungen eine ungenügende Leistungsfähigkeit. Dies gilt insbesondere bei der Anwendung als Sehhilfe, bei der im allgemeinen keine Zusatzinformationen über Objekte im Sehfeld gegeben sind. Die Technik gemäß Q. Chen et al. ist für eine allgemein anwendbare Farberkennung mit Simulierung der menschlichen Farbwahrnehmung somit ungeeignet.

Ein weiteres Farbklassifikationsverfahren ist aus der Publikation von K.-H. Franke et al. in „Mustererkennung 1994“, 16.

DAGM-Symposium, Wien, Springer-Verlag, Seite 624 ff., bekannt, das speziell auf die Erkennung von Mikrodefekten auf Halbleiteroberflächen zugeschnitten ist. Dieses Verfahren ist im wesentlichen durch dieselben Beschränkungen nachteilig, die oben unter Bezug auf die Gesichtserkennung genannt wurden. So erfolgt eine Farbauswertung an Einzelpixeln unter der Vorgabe vorbestimmter Modellfarben. Eine Aussage über eine menschliche Farbwahrnehmung ist damit bestenfalls für die bekannten Halbleiterstrukturen und deren bekannte Fehler möglich. Schon beim Auftreten neuer (unbekannter) Fehler würde dieses herkömmliche Verfahren versagen.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, verbesserte Verfahren zur optischen Objekterfassung anzugeben, die insbesondere eine Farb-angabe zu einem erfaßten Objekt ermöglichen, die möglichst genau und reproduzierbar an die menschliche Farbwahrnehmung angepaßt ist und die einen erweiterten Anwendungsbereich in Bezug auf erfaßbare Objekte und/oder die technischen Anwendungsmöglichkeiten besitzen. Die Aufgabe der Erfindung ist es auch, Vorrichtungen zur Implementierung derartiger Verfahren anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 bzw. 15 gelöst. Ausführungsformen und Verwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt insbesondere eine Daten- oder Bildaufnahme, eine Bildsegmentierung, bei der ein bestimmtes Objekt oder Bildsegment aufgrund eines für dieses Objekt im wesentlichen unveränderlichen Bildparameters von benachbarten Objekten abgegrenzt wird, und eine Klassifizierung der Objektfarbe durch Zuordnen von Farbparametern des segmentierten Objekts zu einem bestimmten Farbwert in einem Farbraum. Die Bildaufnahme erfolgt vorzugsweise mit einer Bildaufnahmeeinrich-

tung, die zur Abbildung einer Objektordnung in einer Szene und zur Bereitstellung vollständiger Bilddaten (Helligkeits- und/oder Farbwerte) des aufgenommenen Bildes, vorzugsweise in digitalisierter Form, eingerichtet ist. Der zur Bildsegmentierung bevorzugte herangezogene Bildparameter ist der Farbton. Die Objektklassifizierung erfolgt vorzugsweise unter Verwendung von Methoden der Fuzzy-Logik, wie z.B. Fuzzy-Clustering und/oder Fuzzy-Control.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt nach der Bildsegmentierung eine Segmentreduzierung, die auf eine Vereinfachung der Komplexität der Szene gerichtet ist. Bei der Segmentreduzierung werden die Bildpunkte, die zu dem erfaßten Objekt oder Bildsegment gehören und eine fallabhängig komplizierte Segmentgeometrie bilden, durch eine Gruppe von Bildpunkten ersetzt, die eine Segmentfläche in Gestalt einer regelmäßigen, geradlinig oder schwach gekrümmten Grundform, (z.B. Rechteck, Kreis, Ellipse oder dergleichen) bilden. Das reduzierte Bildsegment wird vorzugsweise derart gewählt, daß es vollständig das ursprüngliche Segment abdeckt. Beispielsweise ist vorgesehen, daß das zunächst erfaßte Objekt oder Bildsegment reduziert wird, indem es vollständig von einem rechteckigen Rahmen umgeben und die vom Rahmen eingefassten Bildpunkte als das reduzierte Bildsegment erfaßt werden. Zur Ermittlung eines für das reduzierte Bildsegment charakteristischen Bildparameters wird über alle Farbwerte gemittelt, die den segmentierten Bereich, also im zunächst nicht reduzierten Bildsegment, auftreten. Die Segmentreduzierung stellt einen unerwarteten und für die folgende Objektklassifizierung wichtigen Vorteil dar. Es wurde festgestellt, daß das Ergebnis der erfindungsgemäßen Farberkennung durch die Segmentreduzierung nicht oder im Rahmen der jeweiligen Anwendung vernachlässigbar gering beeinflußt wird. Außerdem vereinfacht die Segmentreduzierung das im Rahmen der Objektklassifizierung durchgeführte Fuzzy-Control-Verfahren, dem die Zahl der für das Fuzzy-Control-

Verfahren abzuarbeitenden Entscheidungen auf eine in der Praxis annehmbare Zahl reduziert wird.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung erfaßt eine Daten- oder Bildaufnahmeeinrichtung, z.B. eine Digitalkamera, eine Segmentierungseinrichtung, eine Klassifizierungseinrichtung und eine Ausgabeeinrichtung. Gemäß einer bevorzugten Anwendung der Erfindung bildet die Vorrichtung ein Hilfsgerät für Sehschwache oder Blinde, das zur Erfassung von Objekten, zur Bestimmung von deren Größe, Entfernung und Farbe und zur hörbaren oder tastbaren Ausgabe dieser Größen eingerichtet ist.

Unter optischer Objekterfassung wird hier die Erfassung der Farbwahrnehmung, Größe, Position und/oder Entfernung vom Betrachter bzw. von der Bildaufnahmeeinrichtung für ein Objekt in einer abgebildeten Szene verstanden. Ein Objekt ist ein im zweidimensionalen Bild aufgrund eines bestimmten Bildparameters von der Umgebung unterscheidbarer Ausschnitt (Segment).

Bevorzugte Anwendungen der Erfindung liegen im Bereich der Erstellung von Sehhilfen und von Meßgeräten für die Druck-, Lebensmittel- und Chemietechnik sowie im Graphik- und Designbereich. Bei der erfindungsgemäß Objekterfassung als Sehhilfe wird neben der genannten Klassifizierung der Objektfarbe auch eine Klassifizierung geometrischer Objektparameter oder eine Objekterkennung (z.B. Schrifterkennung) vorgenommen. Die Ausgabeeinrichtung ist für sehbehinderte Personen vorzugsweise durch einen Lautsprecher gegeben. Die Sehhilfe erlaubt insbesondere die Orientierung und ein sicheres Bewegen im Raum.

Die Erfindung besitzt die folgenden Vorteile. Mit dem erfindungsgemäßen System wird reproduzierbar ein Zusammenhang zwischen physikalischen (photometrischen) Meßgrößen und der menschlichen Farbwahrnehmung hergestellt. Dabei werden vorteilhafterweise nicht die Farbmerkmale einzelner Bildpunkte, son-

dern ganzer Bildsegmente und die Farbmerkmale des Umfeldes der Bildsegmente erfaßt, die für die Farbwahrnehmung von Bedeutung sind. Erstmals werden ein Segmentierungsverfahren und Elemente der Fuzzy-Logik (Eingangs- und Ausgangsgrößen für die Fuzzy-Inferenz, Operatoren und Regeln) in einer optimal an die menschliche Farbwahrnehmung von unbekanntem Objekten in realen Szenen (z.B. Lebensraum in täglicher Umgebung) angepaßten Weise gewählt

Die Erfindung besitzt einen breiten Anwendungsbereich und ist insbesondere gut für Applikationen bei Alltagssituationen anwendbar. Es wird eine Farberkennungseinrichtung geschaffen, die neben den photometrischen Meßdaten auch erlaubt, Eigenschaften der Neurologie, Physiologie und Psychologie des Sehens sowie linguistische, semantische und kulturelle Aspekte der Farbwahrnehmung zu berücksichtigen. Es wird eine zuverlässige Sehhilfe für Blinde oder Farbfehlsichtige geschaffen, mit der auch vom Betrachter entfernt angeordnete Objekte sicher erfaßt und klassifiziert werden können. Es ist möglich, sowohl die Farbwahrnehmung als auch die Größen-, Positions- und Entfernungsbestimmung in einem Gerät zu integrieren. Die mit der Erfindung erstmalig simultan implementierte Erfassung sowohl der Farbwahrnehmungsinformation als auch der Entfernungsinformation stellt einen wichtigen Vorteil der Erfindung bei Sehhilfearwendungen dar. Es ist die Erfassung verhältnismäßig komplexer realer Szenen, auch in kleinen, geschlossenen Räumen mit einer Vielzahl von Objekten möglich. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann aus an sich, kommerziell verfügbaren Komponenten aufgebaut sein, so daß das System kostengünstig hergestellt werden kann. Die erfindungsgemäße Vorrichtung läßt sich miniaturisieren, so z.B. bis hin zum Aufbau einer wie eine Brille getragenen Sehhilfe, wobei die Ausgabereinrichtung als Ohrhörer implementiert wird. Die Erfindung ist in der Farbforschung (Entwicklung von Farbräumen und Wahrnehmungsmodellen) anwendbar und für spezielle

Anwendungen bei Verwendung der Fuzzy-Logik-Methoden optimal adaptierbar.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Techniken bietet die Anwendung der Erfindung als Sehhilfe erstmalig die Möglichkeit für die Betroffenen, sich mit Hilfe eines einzigen Gerätes im Raum orientieren zu können. Über die Farbinformation wird die Orientierung und damit ein sicheres Bewegen im Raum ermöglicht. Die erfindungsgemäße Erfassung der Farbwahrnehmung besitzt eine hohe Stabilität dahingehend, daß auf der Grundlage von Entscheidungsregeln, die an einfachen Testobjekten ermittelt wurden, beliebige Bildsituationen der natürlichen Umwelt zuverlässig ausgewertet werden können.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden unter Bezug auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen

- Fig. 1 ein Flußdiagramm zur Illustration des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 2 ein Flußdiagramm des Ablaufs einer Daten- oder Bilderfassung,
- Fig. 3 ein Flußdiagramm des Ablaufs einer Segmentierung,
- Fig. 4 ein Flußdiagramm zur Illustration von Fuzzy-Methoden,
- Fig. 5 ein Bildbeispiel zur Illustration der Segmentierung,
- Fig. 6 ein Bildbeispiel zur Illustration der Segmentreduzierung,
- Fig. 7 einen dreidimensionalen RGB-Farbraum mit acht Hypersphären und zugehörigen Cluster-Zentren,

Fig. 8 eine graphische Illustration einzelner Regelsätze einer Fuzzy-Inferenz, und

Fig. 9 eine Blockdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die Erfindung wird im folgenden am Beispiel eines Systems zur Objekterfassung beschrieben, das als Sehhilfe eingerichtet ist. Bei anderen Anwendungen der Erfindung werden die erläuterten Verfahrensweisen analog implementiert, wobei jedoch ggf. Modifizierungen in Bezug auf die Datenerfassung und die Ergebnisausgabe erfolgen.

Entsprechend der Übersichtsdarstellung gemäß Fig. 1 erfaßt ein erfindungsgemäßes Verfahren die Schritte Datenerfassung 20, Segmentierung 30, Farbklassifizierung 40 und Ergebnisausgabe 50. Vor Beendigung des Verfahrens (Ende 60) erfolgt je nach dem Klassifizierungsergebnis ggf. zeitgleich vor oder simultan zur Ergebnisausgabe ein Rücksprung zur Datenerfassung 20 oder Segmentierung 30, um ggf. eine Fokussierung auf ein bestimmtes Objekt oder eine veränderte Segmentierung vorzunehmen. Nach der Segmentierung 30 sollte der Schritt Segmentreduzierung 30a vorgesehen sein. Die Segmentreduzierung 30a besitzt Vorteile für die spätere Anwendung der Entscheidungsregeln bei der Fuzzy-Inferenz (Reduzierung der Regelzahl), stellt jedoch kein zwingendes Merkmal der Erfindung dar. Einzelheiten der Schritte 20 bis 40 sind in den Figuren 2 bis 4 dargestellt.

Die Datenerfassung 20 (oder Bilderfassung) umfaßt gemäß Fig. 2 zunächst einen Systemabgleich 21, bei dem eine Bildaufnahmeeinrichtung (z.B. Digitalkamera oder Scanner) zur folgenden Bildaufnahme 22 vorbereitet wird. Der Systemabgleich 21 umfaßt beispielsweise bei kommerziell verfügbaren Kameras einen automatischen Weißabgleich (Abstimmung auf die verwendete Lichtart -

z.B. Kunst- oder Tageslicht, wobei beispielsweise der hellste Bildpunkt als weiß bzw. als Farbe der Lichtquelle interpretiert wird) oder eine automatische Belichtungsmessung in Kombination mit einer Verstärkungssteuerung (z.B. Abstimmung unter der Voraussetzung, daß dem hellsten Bildpunkt die größtmöglichen Farbwerte zugewiesen werden). Mit derartigen Formen des Systemabgleichs ist in der Regel eine ausreichende Reproduktion der Farben der aufgenommenen Szene möglich. Der Systemabgleich 21 kann jedoch speziell angepaßte Algorithmen oder Kalibrierungen verwenden, um die Bildaufnahme auf kontrastarme Szenen oder auf Bildszenen mit extremer Beleuchtung abzustimmen.

Beim Systemabgleich 21 kann auch eine Entfernungsmessung durchgeführt werden. Hierzu wird beispielsweise ein kamerainternes, auf Kontrastbeziehungen basierendes Autofocus-System oder auch für Präzisionsmessungen eine laser-basierte Entfernungsmessung verwendet.

Nach der eigentlichen Bildaufnahme 22 zur Erstellung eines digitalen Farbbildes (Belichtungs- oder Scan-Vorgang) folgt die Bilddatenerzeugung 23 durch Bildung eines Datensatzes, der die Rot-, Grün- und Blauwerte (R-, G-, B-Werte) jedes Pixels des digitalen Farbbildes, die jeweils diskrete Werte zwischen einem minimalen und einem maximalen Wert annehmen können, umfaßt. Die Bilddaten umfassen somit drei Farbebenen mit den R-, G-, B-Werten eines jeden Pixels. Die Pixelzahl eines mit einer Kamera aufgenommenen Digitalbildes beträgt beispielsweise $740 \cdot 568$ Pixel. Die Digitalisierungstiefe beträgt z.B. 24 Bit (8 Bit pro Farbkanal), was rund 16,7 Millionen Farben entspricht. Parameter der digitalen Bildverarbeitung wie beispielsweise die Pixelzahl oder die Digitalisierungstiefe können jedoch anwendungsabhängig variiert werden.

Bei der Segmentierung 30 erfolgt gemäß Fig. 3 zunächst eine Farbtransformation 31 von den einzelnen R-, G- und B-Ebenen des

Farbbildes in einen an die weitere Segmentierung (s. unten) angepaßten Farbraum. Die Farbtransformation 31 ist anwendungsabhängig ein fakultativer Schritt, der jedoch aus den folgenden Gründen bei der Implementierung der Erfindung als Sehhilfe bevorzugt realisiert wird.

Die Betrachtung der einzelnen R-, G- und B-Ebenen eines Farbbildes zeigt, daß der RGB-Farbraum nur beschränkt zur sprachüblichen Charakterisierung von Farben und zur Bildsegmentierung geeignet ist. So kann beispielsweise aus den R-, G- und B-Anteilen eines Objekts nur unter wohldefinierten Bedingungen auf die wahrgenommene Farbe rückgeschlossen werden. Da die im RGB-Bild enthaltenen Informationen die Objekte in Bezug auf die Farbe und (abgesehen von der Dimensionsreduzierung bei 2D-Bildern) auch Geometrie vollständig charakterisieren, besteht das Ziel der Farbtransformation 31 darin, diese Informationen in einen optimalen auswertbaren Parameterraum (Farbraum) zu übertragen.

Die Farbtransformation 31 der RGB-Werte kann beispielsweise eine lineare Transformation z.B. in CIE-XYZ-Werte oder in Farbwerte, die den Zapfensignalen im Auge entsprechen (LMS-Signale) oder nichtlineare Transformationen in Farbräume umfassen, die der menschlichen Wahrnehmung und der üblichen farblichen Beschreibung der Farbwahrnehmung besser angepaßt sind. Diese Farbräume umfassen beispielsweise den HSL-Raum (Farbton-Sättigung-Helligkeit oder Hue-Saturation-Lightness-Raum), einen HSV-Raum, den CIE-L*a*b*- oder CIE-L*h_{ab}C*_{ab}-Raum, den CIE-L*u*v*-Raum oder dgl. Die Farbtransformation 31 kann auch in jüngst entwickelte Farbwahrnehmungsräume (entsprechend den sog. "Color Appearance"-Modellen, wie das CIE-CAM '97 nach R.W.G. Hunt, oder den RLAB-Raum nach M. D. Fairchild) mit Dimensionen wie "Brightness", "Lightness", "Colorfulness", "Chroma", "Hue", oder "Saturation" führen (s. hierzu auch Mark D. Fairchild "Color Appearance Models", Edison-Wesley, 1998).

Nach der Farbtransformation 31 erfolgt im Zielfarbraum eine Parameterwahl 32, bei der eine Dimension oder ein Parameter des Zielfarbraumes ausgewählt wird, der innerhalb eines Objekts oder Segments nahezu konstant ist und sich an Objektgrenzen möglichst stark ändert. Diese Parameterwahl 32 erfolgt somit anwendungsabhängig je nach gewähltem Zielfarbraum.

Die Segmentierung 30 erfolgt vorzugsweise mit einer Farbtransformation 31 vom RGB-Bild in den HSV- oder $L^*h_{ab}C^*_{ab}$ -Raum, wobei als bevorzugter Parameter der H-Wert (Farbton oder Hue-Wert) gewählt wird. Der H-Wert zeigt sich innerhalb eines einfarbigen Objekts in einer dreidimensionalen Szene ausreichend konstant. Die Segmentierung erfolgt daher vorzugsweise in der Farbton-Ebene, in der sich die Objekte bzw. Hintergrundbereiche besonders effektiv voneinander trennen lassen.

Im weiteren Verfahren erfolgt zunächst die Startpixelwahl 33. Ein bestimmtes Pixel der Szene in der Farbton-Ebene wird als Startpixel für die weitere Segmentierung ausgewählt. Eine typische Wahl ist beispielsweise ein Pixel in der Bildmitte oder in einem vorher ermittelten Bereich. Dieser vorher ermittelte Bereich zeichnet sich beispielsweise durch besondere Bildmerkmale aus, die eine Unterscheidung eines Objekts von der jeweiligen Umgebung z.B. aufgrund des Farbtons, des Kontrasts, der Helligkeit oder dergleichen erlauben. Die Segmentierung kann auch dahingehend modifiziert sein, daß nicht ein bestimmtes Objekt ausgewählt wird, sondern daß das gesamte Bild segmentiert wird. Das komplette Digitalbild wird wie folgt in relevante Segmente eingeteilt. Das Bild wird vollständig in ein zu bestimmendes Objekt (eine zusammenhängende Pixelfläche) und dessen Umgebungssegmente sowie eventuelle Löcher segmentiert. Mittels Gewichtung der Umgebungssegmente und Löcher (hier gehen die Entfernung, Größe, Position und Kontrast usw. bezüglich des zu bestimmenden Objektes ein) wird unter Verwendung von Fuzzy-

Control-Klassifizierungsverfahren die wahrgenommene Farbe berechnet. Anschließend erfolgt ggf. die Bewertung und Klassifizierung jedes weiteren Segments in Bezug auf alle anderen Segmente z.B. mit dem Fuzzy-Control-Verfahren, wie es unten erläutert wird.

Beim nachfolgenden Segmentwachstum 34 werden zuerst die an das Startpixel angrenzenden Pixel erfaßt, deren H-Wert eine Differenz vom H-Wert des Startpixels zeigt, die kleiner als ein vorbestimmter Schwellwert ist. Anschließend werden die angrenzenden Pixel der beim ersten Schwellwertvergleichsschritt ermittelten Nachbarpixel des Startpixels untersucht, ob der H-Wert innerhalb eines vorbestimmten H-Intervalls um den H-Wert des Startpixels liegen. Durch diese Schwellwertvergleichsschritte erfolgt ausgehend vom Startpixel das Wachstum einer Pixelgruppe bis an die Grenzen des entsprechenden Objekts, in dessen Abbildungsbereich der Startpixel liegt, da an den Grenzen die H-Werte stärker als die zugelassene Toleranz (H-Intervall) veränderlich sind.

Es wurde festgestellt, daß die beim Segmentwachstum 34 ausgewählten Bereiche in der Regel gut mit Grenzen oder Segmentgrenzen des Hintergrundes übereinstimmen. Außerdem hat sich gezeigt, daß bei diesem Segmentwachstum Reflexe der Lichtquelle (häufig weiß) nicht mit ausgewählt oder segmentiert werden, selbst wenn sie innerhalb des betrachteten Objektes liegen. Dies ist ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, da sich die Klassifizierung der Farbwahrnehmung unabhängig von Reflexen in vielen Fällen als vorteilhaft erweist, da sich Reflexe nachteilig auf die Mittelwertbildung bzw. Integration über die Objektfläche auswirken. Es ergeben sich zwar Einschränkungen bei der Ausgabe der Objektausdehnung, die bei praktischen Anwendungen als Sehhilfe jedoch in der Regel von geringer Bedeutung sind, was im Einzelfall vom Bildinhalt abhängen kann.

Bei der folgenden Beurteilung 35 wird das ermittelte Segment oder Objekt in Bezug auf seine geometrischen Eigenschaften bewertet. Falls ein ausgewähltes Objekt bestimmten Randbedingungen nicht genügt, die zuvor festgelegt werden, z. B. wenn der gesamte Bildinhalt oder nur ein Pixel ausgewählt ist, so besteht die Möglichkeit eines Rücksprungs zur Parameterwahl 32 und/oder zur Startpixelwahl 33. Diese Schritte können mit dem Segmentierungswachstum 34 und einer Beurteilung 35 so oft wiederholt werden, bis ein ausreichend bestimmtes Ergebnis vorliegt. Anschließend erfolgt eine Grenzermittlung 36. Dabei wird die äußere bzw. innere Umrandung des gewachsenen Objekts als Datensatz ermittelt. Die Objektsegmentierung umfaßt somit die Ermittlung aller Bildpunkte innerhalb der Umrandung.

Figur 5 zeigt beispielhaft eine bei Abbildung einer Ampel 50 (in der Originalvorlage: rote Farbe des Ampelmännchens) ermittelte Grenze 51 des durch die Figur gebildeten Bereiches gleichen Farbtons.

Das hier vorgestellte Segmentierungsverfahren eignet sich vorteilhafterweise auch für die zweidimensionalen Bilder von realen komplexen Szenen mit dreidimensionalen Objekten. Falls die betrachteten Szenen in der Farb-tonebene keine Informationen über die Objektgrenzen liefern, so müssen Informationen aus anderen Ebenen des jeweiligen Farbraumes oder sogar aus anderen Farbräumen hinzugezogen werden. Hierzu ist beispielsweise ein Rücksprung vom Beurteilungsschritt 35 zur Farbtransformation 31 implementierbar.

Die Objektsegmentierung gemäß Fig. 3 ist kein zwingendes Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens. Anwendungsabhängig kann die Segmentierung vollständig unterlassen oder durch einen anderen Segmentierungsvorgang ersetzt werden, bei dem Objekte und Segmentgrenzen nicht aufgrund der Farbe sondern mit anderen

Merkmale erkannt werden (z.B. Segmentierung durch Beobachtung zeitabhängiger Positionsänderungen von Objekten oder der Kamera oder durch Verwendung von Kanten-Detektionsalgorithmen (z. B. Gradientenverfahren)). Bei der Segmentierung könnten dann auch Angaben über die Objektgeschwindigkeit, Bewegungsrichtung, Beschleunigung und dergleichen als Ergebnis geliefert werden. Nach der Grenzermittlung 36 erfolgt fakultativ die Segmentreduzierung 30a (siehe auch Figur 1). Bei der Segmentreduzierung 30a werden die innerhalb der Umrandung ermittelten, zum Segment gehörigen Bildpunkte durch eine größere Bildpunktmenge ersetzt, die die zum Segment gehörigen Bildpunkte und weitere Bildpunkte zur Bildung einer vereinfachten Segmentfläche umfaßt. Beispielsweise wird im Rahmen der Segmentreduzierung 30a das in Figur 6 illustrierte, zunächst ermittelte unregelmäßige Bildsegment 61 durch das reduzierte Bildsegment 62 ersetzt. Das reduzierte Bildsegment 62 ist beispielsweise, wie dargestellt, ein Rechteck mit Seitenlängen, die den maximalen Ausdehnungen des ursprünglichen Bildsegments in zwei zu einer senkrecht stehenden Richtungen entsprechen. Alternativ kann z.B. auch ein reduziertes Bildsegment 63 in Form einer Ellipse gebildet werden. Nach Ermittlung aller zum reduzierten Bildsegment gehörigen Bildpunkte wird dem reduzierten Bildsegment ein mittlerer Farbwert zugeordnet, der dem Mittelwert über sämtliche Farbwerte im ursprünglich segmentierten Bereich entspricht.

Im folgenden wird die Klassifizierung 40 der Objektfarbe (s. Fig. 1) unter Bezugnahme auf das Flußdiagramm gemäß Fig. 4 und die Darstellung der Cluster-Zentren im RGB-Farbraum gemäß Fig. 6 erläutert. Zur Farbklassifizierung werden Methoden der Fuzzy-Logik verwendet. Hierzu zählen insbesondere die im folgenden als Fuzzy-Clustering bezeichnete einfache Cluster-Zuordnung und die im folgenden Fuzzy-Control bezeichnete komplexere Cluster-Zuordnung.

Ausgangspunkt der Klassifizierung ist das Fuzzy-Clustering. Die Kombination mit Fuzzy-Control oder die iterative, wiederholte Abarbeitung beider Verfahrensweisen (zur Erzeugung von Unterklassen übergeordneter Hauptklassen) sind fakultativ zur Verbesserung des Verfahrens realisierbar. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist jedoch auch Fuzzy-Control, das genauere Farbwahrnehmungsangaben ermöglicht, alleine und ohne das vorherige Fuzzy-Clustering implementiert, was zwar schneller Farbwahrnehmungsangaben ermöglicht, dies jedoch mit einer gröberen Einteilung.

Beim Fuzzy-Clustering werden vorbestimmte Bezugs-Farbräume in unscharfe Hypersphären eingeteilt, in deren Zentren jeweils die wichtigsten Repräsentanten einer Wahrnehmungsklasse liegen. Dies bezieht sich beispielsweise auf Farbton-, Helligkeits- oder Sättigungsklassen oder auf die von Berlin und Kay ermittelten elf Farbklassen bezüglich der Benennung von Farben. Einem segmentierten Objekt wird dann ein Farbmerkmal durch dessen Lage in Bezug auf die Hypersphären bzw. die Cluster-Zentren zugeordnet. Bei der Fuzzy-Control-Klassifizierung erfolgt diese Zuordnung zusätzlich unter Berücksichtigung von weiteren, komplexen Merkmalen der Szene, wie z.B. den Farbwerten von Umgebungsobjekten, Kontrastbeziehungen zu anderen Bildsegmenten, Abhängigkeiten von der Beleuchtung und dgl. Die mathematischen Grundlagen zu den Verfahren Fuzzy-Clustering und Fuzzy-Control sind an sich bekannt und werden beispielsweise in den Büchern von H. Kiendl ("Fuzzy Control methodenorientiert", Oldenbourg Verlag, 1997), H.R. Tizhoosh ("Fuzzy Bildverarbeitung, Einführung in Theorie und Praxis"), Springer Verlag, 1998, und L.A. Zadeh ("Fuzzy sets", in: "Information and Control" 8, 1965, 338-353) beschrieben.

Zusätzlich zu Fuzzy-Clustering und Fuzzy-Control können erfindungsgemäß sogenannte neuronale Fuzzy-Systeme implementiert werden, die lernfähig sind und nach entsprechenden Trainings-

vorgängen Bildszenen verarbeiten können, die nicht vorher gelernte Bilddatensätze beinhalten. Der besondere Vorteil der Fuzzy-Control-Klassifizierung besteht darin, daß anwendungsabhängig eine beliebige Genauigkeit allein durch die Anzahl der berücksichtigten Regeln erzielt werden kann, ohne den bereits erzielten Präzisionsgrad zu verringern. Die Fuzzy-Control-Klassifizierung erlaubt beliebig viele Fallunterscheidungen unter Verwendung der unten erläuterten "WENN-DANN-Regeln". Außerdem erlauben Fuzzy-Control-Verfahren eine Simulation des visuellen Wahrnehmungsprozesses analog zum Gehirn, wobei die Verarbeitung in verschiedenen Stufen erfolgt, die im Gehirn der Retina, den sogenannten seitlichen Kniehöckern, dem primär visuellen Cortex, höheren Cortex-Ebenen, mit Modulen für Form, Farbe und Bewegung und dgl. zugeordnet werden können. Zwischen diesen Strukturen bzw. beim Fuzzy-Control-Verfahren zwischen den Merkmalsdimensionen besteht ein ständiger Informationsaustausch mit Zugriffen und Rückkopplungen zu den verschiedenen Verarbeitungsstufen.

Gemäß Fig. 4 wird beim Fuzzy-Clustering 41 wie folgt vorgegangen. Nachdem wie oben beschrieben zur Segmentierung des digitalen Bildes einer Videokamera unter Verwendung der Farbtonebene die Fläche um einen Startpixel in Richtung aller angrenzenden Pixel ausgedehnt wird, bis ein vorbestimmter Farbtendifferenz-Schwellwert überschritten ist, und damit ein bestimmter, einem Objekt oder Segment zugeordneter Bildbereich festgelegt ist, werden die Bildpunkte dieses segmentierten und ggf. reduzierten Bildbereiches im RGB-Raum betrachtet. Bei der RGB-Mittlung 42 werden alle zum Bildbereich gehörenden RGB-Werte gemittelt und zu einem Tripel aus RGB-Werten zusammengefaßt. Dieses Tripel mittlerer RGB-Werte besitzt eine bestimmte Position im RGB-Farbraum, der wie folgt in acht Objektfarbklassen (Hypersphären eingeteilt ist).

Fig. 7 zeigt beispielhaft den RGB-Farbraum mit den acht Objektfarbklassen Schwarz, Weiß, Rot, Grün, Gelb, Blau, Cyan und Violett. Die Cluster-Zentren finden sich an den Ecken eines Würfels (RGB-Würfel). Bei dem in Fig. 7 gezeigten RGB-Würfel gehört z.B. das RGB-Tripel mit den Werten (0/0/0) zu 100 % zur Farbklassse "Schwarz". Dementsprechend wird ein Zugehörigkeitswert ermittelt, der die Zugehörigkeit eines bestimmten Tripels zu einer Farbklassse mit einer %-Angabe beschreibt. Der Zugehörigkeitswert μ für das Tripel (0/0/0) beträgt beispielsweise für die Klasse "Schwarz" $\mu=1$ und für alle anderen Farbklassen $\mu=0$. Die Zugehörigkeitswerte μ werden beim Fuzzy-Clustering unter der Nebenbedingung ermittelt, daß sich die Zugehörigkeitswerte eines Tripels in Bezug auf alle Farbklassen zu 1 addieren. Die Berücksichtigung einer solchen Nebenbedingung ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Die Zugehörigkeitswerte μ werden beispielsweise nach dem sogenannten "Fuzzy-c-Means"-Algorithmus (FCM) berechnet, der eine unscharfe Klassifizierung erlaubt (s. R.H. Tizhoosh in "Fuzzy-Bildverarbeitung. Einführung in Theorie und Praxis", Springer Verlag 1998, S. 106 ff.). Bei der Cluster-Ermittlung am RGB-Würfel werden beispielsweise folgende relevante Parameter vorgegeben:

- Anzahl der Klassen: 8
(Schwarz, Weiß, Rot, Grün, Blau, Gelb, Cyan, Violett)

Alternativ ist eine Entwicklung auf elf Farbklassen (gegebenenfalls unter Berücksichtigung des Umfeldes mit Fuzzy-Control-Klassifizierung) möglich (Schwarz, Weiß, Rot, Grün, Blau, Gelb, Violett, Rosa, Orange, Braun, Grau).

- Anzahl der Merkmale der einzelnen Objekte: 3
(R-, G-, B-Werte)
- Wichtungsexponent (Maß für die Unschärfe): 2
- Initialisierungsmatrix: Einheitsmatrix
- Abbruchschwelle: 0.001

Die Nebenbedingung, daß die Summe aller Zugehörigkeitsgrade $\mu=1$ ist, kann bei Modifizierung des Fuzzy-Clustering-Verfahrens (z.B. Ansatz nach dem "Possiblistic c-Means"-Verfahren) fallengelassen werden.

Das FCM-Verfahren ist auf kugelförmige Hypersphären beschränkt. Es können alternativ andere Fuzzy-Clustering-Verfahren vorgesehen sein, deren Sphären kompliziertere Formen umfassen. Dies ist von Vorteil, da die menschliche Farbwahrnehmung nicht vollständig mit kugelförmigen Hypersphären beschrieben werden kann. Eine weitere Verbesserung der Farbwahrnehmungsangabe wird durch die Implementierung der Fuzzy-Control-Klassifizierung (s.u.) erreicht.

Nach der RGB-Mittlung 42 erfolgt somit die Ermittlung der Zugehörigkeitswerte μ (43). Ein RGB-Tripel kann beispielsweise für ein konkretes Objekt die folgenden Zugehörigkeitswerte besitzen: Schwarz: 0,1, Weiß: 0,2, Rot: 0,5, Grün: 0,0, Gelb: 0,1, Blau: 0,0, Cyan: 0,0, Violett: 0,1.

Im weiteren Verfahren erfolgt die Ermittlung des maximalen Zugehörigkeitswertes μ_{\max} (44). Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung wird als Ergebnis für die Objektfarbe des segmentierten Objekts der Name der Farbklasse mit dem größten Zugehörigkeitswert μ_{\max} angegeben. Dies ist beim o.g. Beispiel der Zugehörigkeitswert $\mu = 0,5$, so daß sich die Objektfarbe "Rot" ergibt. Dieses Ergebnis wird dann mit der Datenausgabe 45a zur weiteren Verarbeitung vorbereitet. Alternativ kann vorgesehen sein, daß zusätzlich die Farbklasse mit dem zweitgrößten Zugehörigkeitsgrad μ ausgegeben wird, falls die Differenz zwischen dem ersten (größten) und zweiten (zweitgrößten) Zugehörigkeitsgrad kleiner als ein vorbestimmter Schwellwert ist. Die Ergebnisausgabe würde dann beispielsweise lauten "Rot-Weiß".

Gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung schließt sich an das Fuzzy-Clustering die weitere Klassifizierung durch Fuzzy-Control 46 an, wie es unten im einzelnen erläutert wird. Die hier beschriebene Klassen- oder Clusterzuordnung erfolgt unter dem beispielhaften Bezug auf den RGB-Raum. Die Wahl des zum Fuzzy-Clustering herangezogenen Farbraumes ist anwendungsabhängig modifizierbar. Entsprechendes gilt für die genaue Lage der Cluster-Zentren (Zentren der Hypersphären oder Farbklassen) im Farbraum. Es ist vorzugsweise vorgesehen, die Lage der Cluster-Zentren auf der Grundlage von Expertenwissen vorzugeben oder anhand von Beispielen zu bestimmen. Ferner muß die exakte Form der Hypersphären im Farbraum anwendungsabhängig gewählt werden. Es ist möglich, durch Hinzunahme weiterer Dimensionen bzw. durch Verschieben der Cluster-Zentren und durch Verwendung verschiedener Clusteralgorithmen im Raum der Hypersphären eine Anpassung des Fuzzy-Clustering an die konkrete Wahrnehmungsanwendung vorzunehmen. Dabei kann auch iterativ anhand von Bezugsobjekten mit definierten Farben vorgegangen werden. Die Zahl der Hypersphären läßt sich gegenüber dem Beispielwert 8 erhöhen oder erniedrigen.

Bei der folgenden Fuzzy-Control-Klassifizierung 46 werden wie beim Fuzzy-Clustering 41 die Farbwerte des ausgewählten oder segmentierten Objekts betrachtet. Im Rahmen der Schritte 47a, 47b, 47c ... werden Zusatzparameter ermittelt, die bei der späteren Regelung oder Zuordnung von Farb-Clustern berücksichtigt werden sollen. Zu diesen Zusatzparametern zählen beispielsweise die Umgebungsfarben (47a) (hierzu wird das gesamte Bild segmentiert), die Beleuchtung (47b), Positionsparameter (47c), zusätzliches Expertenwissen (47d) und dgl. Zu den Beleuchtungsparametern (47b) zählen beispielsweise die Beleuchtungsart (Spotbeleuchtung, homogene Beleuchtung, mehrere Lichtquellen o. dgl.), Farbwerte der Beleuchtung und die Beleuchtungsrichtung. Die Positionsparameter können sich auf die geometrische Anordnung der Objekte oder Abstandsinformationen oder dgl. beziehen.

Das zusätzliche Expertenwissen kann beispielsweise aus der Verteilung der Farbwerte extrahiert oder über zusätzliche Geräte erfaßt werden und betrifft z.B. Oberflächeneigenschaften der betrachteten Objekt (Rauheit, Glanz) oder dgl.. Nach der Ermittlung der Zusatzparameter (47) folgt die eigentliche Regelung/ Klassifizierung des Fuzzy-Control. Bei der Fuzzy-Inferenz 48 werden die gewünschten Farbmerkmale eines segmentierten Objekts mit Hilfe von "WENN-DANN"-Regeln (Entscheidungsregeln) eines Fuzzy-Reglers berechnet.

Die Implementierung der "WENN-DANN-Regeln" erfolgt beispielsweise gemäß folgendem Schema (sog. Fuzzy-Inferenz):

WENN Farbwerte des ausgewählten Objektes = $(x_1/x_2/x_3)$
und Kontrastbeziehungen zum Umfeld = ...
 (z.B. Farbwerte des ersten angrenzenden Objektes =
 $(y_1/y_2/y_3)$
und Werte der Beleuchtung = ...
und ...
 ...
DANN wird das ausgewählte Objekt mit der Farbwahrnehmung
 (z.B. Blau, Hell, gesättigt usw.) wahrgenommen und
 besitzt das Objekt einen Abstand von x Metern und
 ist y Zentimeter hoch und z breit, usw.

Entscheidungsregeln, die ausschließlich auf die L,a,b-Werte des Objektes (Center) und seines Umfeldes bezogen sind, können beispielsweise diese Form besitzen (zur Erläuterung des Termbegriffes siehe unten):

WENN L-Umfeld = Term 1
und a-Umfeld = Term 2
und b-Umfeld = Term 5
und L-Center = Term 4
und a-Center = Term 5

und b-Center = Term 8
Dann Weiss = Term 1

Bei derartigen Schemata können alle Informationen bekannter Wahrnehmungsmodelle und auch zeitliche Objektänderungen berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung des Expertenwissens bzw. der Entscheidungsregeln (Schritt 47d) können Testreihen mit normalsichtigen Versuchspersonen durchgeführt werden. Das Expertenwissen kann in Form von Fuzzy-Regeln (ggf. iterativ) zur Verwendung in der Fuzzy-Inferenz 48 implementiert werden. Im folgenden wird die Fuzzy-Inferenz 48 mit einer Vielzahl von Entscheidungsregeln auf der Grundlage der zuvor bestimmten Objekt- und Umgebungsfarben (Schritt 47a) im einzelnen erläutert. Dabei wird von einer Bildauswertung mit Segmentierung und Segmentreduzierung und direkter Anwendung des Fuzzy-Control-Verfahrens (ohne das Fuzzy-Clustering-Verfahren) ausgegangen.

Bei der Fuzzy-Inferenz 48 werden die vorab ermittelten (gemessenen) Farbparameterwerte des reduzierten Segments (zum Beispiel Segment 62 in Figur 6) und des Umfeldes (siehe Bezugszeichen 64 in Figur 6) mit einer Vielzahl vorab ermittelter und gespeicherter Entscheidungsregeln ausgewertet. Die Entscheidungsregeln bilden einen Regelsatz, der wie folgt durch Versuchsreihen mit menschlichen Beobachtern erzeugt worden ist.

Die Ermittlung der Entscheidungsregeln erfolgt durch Versuchsreihen, bei denen Versuchspersonen auf einem Monitor synthetische Farbbilder mit einem mittleren Segment (z. B. 62 in Figur 6) und einem Umfeld (64 in Fig. 6) mit verschiedenen Farbmerkmalen (voreingestellte Farbparameterwerte, z. B. L,a,b-Werte) betrachten und jeweils die subjektive Farbwahrnehmung angeben. Die Farbmerkmale des Bildes und die Angabe der Versuchsperson werden als Eingangsgrößen bzw. Ausgangsgrößen auf der Basis so-

genannter Eingangs- bzw. Ausgangs-Terme für die Entscheidungsregeln verwendet. Ein Eingangs-Term ist eine Fuzzy-Menge, deren Elemente aus Farbparameterwerten und Zugehörigkeitswerten bestehen, die jeweils die Zugehörigkeit der Farbparameterwerte zum Term charakterisieren. Ein Ausgangs-Term ist eine Fuzzy-Menge, deren Elemente Farbwahrnehmungswerte (z.B. Rotanteil in %) und entsprechende Zugehörigkeitswerte in Bezug auf den Term umfassen.

Eine Gruppe von Entscheidungsregeln ist in Figur 8 illustriert. Figur 8 zeigt eine graphische Darstellung der Zuordnung von Ausgangsgrößen entsprechend den in der rechten Spalte angegebenen Farbwahrnehmungen zu bestimmten Kombinationen von Eingangsgrößen. Die Eingangsgrößen sind für das Segment in der Mitte (Center) für den L-Wert der Term 4 und für die a-(Abszisse)-Werte ein Term zwischen Term 4 und Term 9 und für die b-Ordinate-Werte ein Wert zwischen Term 4 und Term 8. Für das Umfeld gelten als Eingangsgrößen für a: Term 5, für b: Term 7 und für L: Term 3. Je nach Einstellung der a- und b-Werte des Segments gibt mindestens eine Versuchsperson ihre Farbwahrnehmung an. Beispielsweise wird für $a = 6$ und $b = 7$ für das Segment in der Mitte „braun“ wahrgenommen, während sich für $a = 9$ und $b = 4$ eine Farbwahrnehmung „rosa“ ergibt. Nach diesem Schema werden sämtliche, für eine konkrete Anwendung in Frage kommenden Eingangs-Term-Kombinationen (Reizkombination) für Versuchszwecke am Monitor dargestellt und die entsprechenden Entscheidungsregeln als Implikationen entsprechend dem obigen Schema aufgenommen und gespeichert. Jede vorgegebene Reizkombination führt für jede Farbwahrnehmungsklasse zu jeweils einer neuen Entscheidungsregel. Beim dargestellten Beispiel ergeben sich für jede Reizkombination 11 Entscheidungsregeln, deren Konklusionen für die wahrgenommene Farbwahrnehmungsklasse beispielsweise (Ausgangs-)Term 1 und für alle nicht wahrgenommenen Farbwahrnehmungsklassen (Ausgangs-)Term 0 lauten. Entsprechendes ist auch

für andere Bildmerkmale (Kontrastbeziehungen oder dergleichen) möglich.

Ein für eine zuverlässige Farberkennung ausreichender Regelsatz kann rund 10.000 bis 100.000 oder auch mehr einzelne Entscheidungsregeln umfassen, die hier jedoch nicht im einzelnen aufgeführt werden können. Jede Entscheidungsregel ist entsprechend dem oben genannten Schema gebildet und umfaßt im einfachsten Fall eine Implikation mit zwei UND-verknüpften Eingangsgrößen. Die Eingangsgrößen umfassen beispielsweise die Farbmerkmale des (reduzierten) Segments und des Umfeldes mit den L-, a- und b-Variablen im oben genannten $L^*a^*b^*$ -Farbraum. Dabei können die Helligkeits- (L) bzw. Farb- (a-, b-) Merkmale durch Fuzzy-Mengen (Zugehörigkeitsverteilungen, Eingangs-Terme) beschrieben werden.

Im Rahmen der Fuzzy-Inferenz 48 erfolgt nach der Messung (ggf. mit Klassifizierung) der Farbmerkmale (Farbparameterwerte) des Segments und des Umfeldes zunächst eine Eingangs-Term-Zuordnung. Der Wertebereich jedes Farbparameterwertes wird durch eine Gruppe von Eingangs-Termen überdeckt, die sich zumindest teilweise überlappen können. Die Zugehörigkeitsfunktionen der jeweiligen Eingangs-Terme besitzen beispielsweise die Gestalt einer Dreiecksfunktion. Für einen konkret gemessenen Farbparameterwert ergeben sich bei einfach überlappenden Termen zwei verschiedene Zugehörigkeitswerte zu zwei benachbarten Eingangs-Termen.

Es wird beispielsweise ein Farbbild mit einem mittig angeordneten Segment und einem farbigen Umfeld betrachtet. Für die L-Eingangsgrößen werden sechs Eingangs-Terme und für die a- und b-Eingangsgrößen jeweils elf Eingangs-Terme (Fuzzy-Mengen) verwendet. Das Ziel der Fuzzy-Inferenz 48 besteht nun darin, dem Segment einen Zugehörigkeitswert zu einer bestimmten (Farb-) wahrnehmungsklasse entsprechend der menschlichen Farbwahrneh-

mung zuzuordnen. Diese Farbwahrnehmungsklasse wird unter Anwendung der unten erläuterten Operatoren aus elf möglichen Ausgangsgrößen ausgewählt, für die jeweils zwei Ausgangs-Terme verwendet werden. Die Zahl der verwendeten Terme kann anwendungsabhängig verändert werden.

Bei einem einfachen Segment-Umfeld-Reiz werden insgesamt sechs Eingangsgrößen (drei Merkmale für das Segment und drei Merkmale für das Umfeld) ausgewertet. Beim folgenden Beispiel werden jedoch aus Übersichtlichkeitsgründen nur zwei Eingangsgrößen (a, b) und eine Ausgangsgröße („weiss“) betrachtet. Eine Entscheidungsregel soll z.B. heißen:

„WENN a = Term 1 und b = Term 2, DANN „weiss“ = Term 0“.

Der a-Wert (z.B.: 20) hat die Zugehörigkeit $\mu(a = 20) = 0.5$ zum Eingangs-Term 1, während der b-Wert (z.B.: 10) eine Zugehörigkeit $\mu(b = 10) = 0.3$ zum Eingangs-Term 2 besitzt. Bei diesem Beispiel werden die Zugehörigkeiten zu weiteren Termen der Einfachheit halber nicht betrachtet.

Zur Auswertung der Entscheidungsregel erfolgt zunächst ein Aggregationsschritt auf der Basis eines Minimum-Operators. Das „und“ wird als Minimum interpretiert, das bei der beispielhaft angegebenen Entscheidungsregel mit $\text{Min}(0.5 \text{ und } 0.3) = 0.3$ gegeben ist. Das Ergebnis des Aggregationsschrittes ist somit eine reine Zahl.

Es schließt sich der Implikationsschritt an, der wiederum auf der Basis eines Minimum-Operators erfolgt. Die Ausgangsgröße „weiss“ hat zwei überlappende Fuzzy-Mengen (Ausgangs-Term 0 und 1). Der Minimum-Operator bildet aus den Elementen des Termes 0 und dem Erfüllungsgrad der Regelprämisse (0.3) jeweils das Minimum (anschaulich bedeutet dies, daß der Term 0 auf der Höhe 0.3 abgeschnitten wird). Das Ergebnis dieses Schrittes ist eine Fuzzy-Menge, die insbesondere ein Element einer Farbwahrneh-

mungs-Ausgangsgröße und einen Zugehörigkeitswert entsprechend dem Minimum-Operator des Implikationsschrittes umfaßt.

Auf diese Weise (Aggregations- und Implikationsschritte) werden sämtliche Entscheidungsregeln durchgearbeitet, so daß sich eine Vielzahl von Fuzzy-Mengen entsprechend der Anzahl von Entscheidungsregeln ergeben. Im weiteren Verlauf der Fuzzy-Inferenz 48 werden diese Fuzzy-Mengen noch weiterverrechnet.

Hierzu erfolgt zunächst ein Akkumulationsschritt mit einem Maximum-Operator. Bei diesem Schritt wird aus allen Fuzzy-Mengen, die aus den Implikationsschritten gefolgt sind, eine neue Vereinigungsmenge gebildet, in dem das Maximum der Einzelmengen verwendet wird. Das Ergebnis ist wiederum eine Fuzzy-Menge.

Schließlich folgt zur Ermittlung eines zahlenmäßigen Ergebnisses, z.B. eines Zugehörigkeitsgrades zwischen 0 und 1 für die Ausgangsgröße „weiss“ ein Defuzzyfizierungs-Schritt, bei dem nach der Schwerpunktmethod der Schwerpunkt der resultierenden Fuzzy-Menge gebildet wird. Die Schwerpunktmethod wird beispielsweise von H. R. Tizhoosh et al. (siehe oben) beschrieben.

Zur Ergebnisausgabe wird die Ausgangsgröße mit dem größten Zugehörigkeitsgrad als Ergebnis angegeben, z.B. „grün“. Falls die Zugehörigkeitsgrade nahe beieinander liegen, kann auch vorgesehen sein, daß als Ausgangsgröße zwei Farbwert mit dem größten und dem zweitgrößten Zugehörigkeitsgrad angegeben werden, z.B. „grün-gelb“. Das Ergebnis der Fuzzy-Inferenz 48 wird bei der Datenausgabe 45b zur weiteren Verarbeitung vorbereitet.

Es können auch andere Operatoren und Defuzzyfizierungsmethoden verwendet werden. Die Regelsätze müssen dann ggf. entsprechend angepaßt werden. Die beschriebene Methode besitzt jedoch den Vorteil einer hohen Robustheit und Leistungsfähigkeit. Die verwendete Fuzzy-Inferenz ist die sogenannte Mamdani-Inferenz. Er-

finsungsgemäß können auch mit anderen Fuzzy-Inferenzen und Defuzzyifizierungsmethoden Farbwahrnehmungen simuliert werden.

Der in Fig. 4 angegebene Schritt 49 bezeichnet eine weitere Modifizierung des erfindungsgemäßen Verfahrens durch die Kombination der Fuzzy-Methoden mit neuronalen Netzwerken (neuronale Fuzzy-Systeme), wodurch eine Lernfähigkeit des Systems erzielt wird. Es kann vorgesehen sein, daß das neuronale Netz zusätzlich unmittelbar nach der Datenerfassung (Bilderfassung) oder nach der Segmentierung eingebaut wird, um gelernte und nicht gelernte Biddatensätze unterscheiden zu können.

Die Ergebnisausgabe 45b bzw. 50 (s. Fig. 1) erfolgt anwendungsabhängig in Datenform, als Anzeige oder als Ansage, oder mit mechanischen, durch den Nutzer fühlbaren Mitteln. Im medizinischen Bereich erfolgt vorzugsweise der Einsatz eines Text-Sprach-Konverters, um die ermittelte Farbwahrnehmung mit einem Kopfhörer oder Lautsprecher hörbar zu machen, so daß die betroffene Person Informationen über die Farbe, Größe, Position und/oder Entfernung der im Gesichtsfeld befindlichen Objekte erhält. Die Benennung von Farben erfolgt vorzugsweise zu Klassen von Farbnamen, die in den meisten Kulturen verwendet werden und z.B. von B. Berlin, P. Kay et al. ("Basic Color Terms.: Their Universality and Evolution", Berkeley, CA; University of California Press) und I.C. McManus ("Half-a-Million Basic Color Words - Berlin and Kay and the Usage of Color Words in Literature and Science", Perception 1997, VL 26(N3), 367-370) beschrieben sind. Die Ergebnisausgabe kann auch mit einer mechanische wirksamen Orientierungshilfe implementiert werden, wie sie in "Bild der Wissenschaft" (8/1998, S. 10) beschrieben ist.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt gemäß der in Fig. 9 dargestellten Ausführungsform eine Datenaufnahmeeinrichtung 1 (z.B. Kamera, Scanner oder spektroskopische Anordnung), eine Datenerfassungs-Einheit 2, in der das RGB-Bild bestimmt wird,

eine Transformations- und Recheneinheit 3, in der die Transformation des RGB-Bildes in einem geeigneten Zielfarbraum erfolgt, eine Segmentierungs-Einheit 4 zur Ermittlung des Bildbereiches, für den nachfolgend in der Fuzzy-Einheit 5 die Farbwahrnehmung ermittelt werden soll. Zur Ergebnisausgabe ist die Fuzzy-Einheit mit einer Datenausgabe 6 (z.B. in Form eines Displays, Druckers und/oder Audiogerätes) verbunden. Die Komponenten 2, 3, 4 und 5 der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind vorzugsweise in einen als Mikrocomputer integriert ausgeführt. Die Transformations- und Recheneinheit 3 ist bei technischen-industriellen Anwendungen vorzugsweise mit einer Anzeigeeinheit 3a verbunden, die zur Darstellung des Bildes der aufgenommenen Szene in der Farbtonebene eingerichtet ist. Die Anzeigeeinheit 3a ist entweder ein Zusatzmonitor oder in die Ausgabeeinheit 6 integriert.

Das erfindungsgemäße Farbwahrnehmungssystem kann wie folgt modifiziert werden. Es kann vorgesehen sein, beim Fuzzy-Control die einzelnen Pixel nicht als Tripel, sondern allgemein als Merkmalsvektoren zu betrachten, die neben den drei Farbparametern weitere, höhere Dimensionen, wie z.B. Wahrnehmungsparameter (z.B. Glanz, Oberflächeneigenschaften und dgl.) enthalten. Diese Fähigkeit zur Verallgemeinerung bzw. zur Einführung weiterer Parameter stellt einen besonderen Vorteil der Erfindung dar. Herkömmliche Analysen von Bildszenen in angepaßten Wahrnehmungsräumen sind häufig an einen bestimmten Effekt bei der Bildwahrnehmung angepaßt und nur beschränkt modifizierbar. Erfindungsgemäß kann hingegen jeder neue Wahrnehmungseffekt durch Erhöhung der Anzahl der "WENN-DANN-Regeln", der linguistischen Terme (Wahrnehmungsbenennungen) und/oder der Parameterzahl oder verschiedene Fuzzy-Regelungsverfahren in den beim Fuzzy-Control eingeführten Vektoren berücksichtigt werden, ohne daß die ursprünglichen Parameter verloren gehen und die bis dahin erreichte Präzision abnimmt.

Wegen der bevorzugten Anwendung als Sehhilfe wurde oben bei der Bildaufnahmeeinrichtung auf eine farbige Bildaufnahme auf der Basis von RGB-Arrays Bezug genommen. Die menschliche Retina enthält drei Zapfenarten mit jeweils breitbandigen, sich überlappenden Spektren. Bei nicht-medizinischen Anwendungen kann jedoch ein Interesse bestehen, eine höhere Spektral-Auflösung einzuführen, so daß statt einer RGB-Bildaufnahme eine Bildaufnahme mit Spektren-Arrays mit einer größeren Anzahl spektraler Empfindlichkeitsmaxima durchgeführt wird. Ferner kann statt der zweidimensionalen Bildaufnahme eine dreidimensionale Bildabtastung oder analog zur menschlichen Wahrnehmung die Bildaufnahme mit zwei Kameras unterschiedlicher Positionen (Paralaxe) vorgesehen sein. Dadurch wird bei der Objekterfassung die Tiefeninformation berücksichtigt. Bei der sprachkonvertierten Ergebnisausgabe können Zusatzinformationen zu den betrachteten Objekten, wie z.B. "links", "rechts", "oben", "unten", "Mitte", oder Informationen zur Beleuchtung (Richtung etc.), zu Objektmaßen, Entfernungen oder Flächenanteilen von Objekten ausgegeben werden.

Die erfindungsgemäße Farberkennung kann mit einer Schrifterkennung kombiniert werden, z.B. unter Verwendung des Programms "Corel OCR-Trace". In diesem Fall erfolgt neben der Farbwahrnehmungsausgabe auch eine Sprachausgabe erfaßter Worte in einer Bildszene (z.B. Schilder o. dgl.).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Objekterfassung, mit den Schritten:
 - Daten- oder Bildaufnahme, bei der aus einer Abbildung einer Szene Bilddaten ermittelt werden, und
 - Farbklassifizierung für mindestens ein vorbestimmtes Objekt der Szene zur Ermittlung einer wahrgenommenen Objektfarbe, wobei ein für das gesamte Objekt im wesentlichen konstanter, mittlerer Farbparameter mit einer Fuzzy-Control-Klassifizierung aller zum Objekt gehörenden Bildpunkte einer Farbklasse unter einer Vielzahl von Farbklassen in einem vorbestimmten Farbraum zugeordnet wird, wobei die zugeordnete Farbklasse der Objektfarbe der visuellen Farbwahrnehmung des Objekts in der Szene entspricht.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem zur Ermittlung des Objekts nach der Bildaufnahme eine Bildsegmentierung durchgeführt wird, bei der ausgehend von einem vorbestimmten Startpixel alle Bilddaten zu einem Objekt zusammengefaßt werden, die sich in Bezug auf ein vorbestimmtes Farbmerkmal weniger als ein definierter Schwellwert von dem Farbmerkmal des Startpixels unterscheiden.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, bei dem die Bilddaten nach der Bildaufnahme in einen für die Segmentierung angepaßten Farbraum transformiert werden.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem die Bilddaten nach der Bildaufnahme R-G-B-Daten umfassen, die zur Segmentierung in einen vorbestimmten Farbraum transformiert werden, wobei das zur Segmentierung betrachtete Farbmerkmal ein in diesem Farbraum gegebener Parameter ist, der über

die Fläche des betrachteten Objekts im wesentlichen unveränderlich ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, bei dem die Transformation in den HSL- oder $L^*h_{ab}C^*_{ab}$ -Raum erfolgt und das zur Segmentierung betrachtete Farbmerkmal der Farbton-Parameter des HSL- oder $L^*h_{ab}C^*_{ab}$ -Raumes ist.
6. Verfahren gemäß Anspruch 4 oder 5, bei dem, falls mit der Bildsegmentierung mit einem Farbmerkmal das betrachtete Objekt nicht abgegrenzt werden kann, weitere Farbmerkmale oder Bildmerkmale wie z. B. Kanten berücksichtigt werden.
7. Verfahren gemäß Anspruch 6, bei dem die weiteren Farbmerkmale die Helligkeit und/oder die Farbsättigung umfassen.
8. Verfahren gemäß Anspruch 2, bei dem nach der Bildsegmentierung eine Segmentreduzierung zur Vereinfachung der geometrischen Gestalt des im Ergebnis der Bildsegmentierung ermittelten Objekts erfolgt.
9. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei der der mittlere Farbparameter des Objekts vor der Klassifizierung einem Fuzzy-Clustering-Verfahren unterzogen wird.
10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Fuzzy-Control-Klassifizierung zur Ermittlung der Farbklasse des betrachteten Objekts weitere Farbeigenschaften oder geometrische Eigenschaften des Bildes berücksichtigt werden.
11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei zur Fuzzy-Control-Klassifizierung zur Ermittlung der Farbklasse des be-

trachteten Objekts die Farbeigenschaften des Umfeldes des Objekts berücksichtigt werden.

12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach der Klassifizierung der Objektfarbe eine Ergebnisausgabe zur Darstellung der ermittelten Farbklasse auf einer Anzeige oder in Audio-Form erfolgt.
13. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das als Sehhilfe für Personen mit einer Sehbehinderung oder Blinde verwendet wird.
14. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zusätzlich zur Klassifizierung der Objektfarbe auch geometrische Eigenschaften mindestens eines Objekts der abgebildeten Szene erfaßt werden.
15. Vorrichtung zur Objekterfassung, die eine Bildaufnahme-einrichtung (1) zur Bildaufnahme einer Szene, eine Datenerfassungs-Einheit (2) zur Erzeugung von Bilddaten, eine Transformations- und Recheneinheit (3), eine Fuzzy-Recheneinheit (5) zur Ermittlung einer Farbklasse aus den Bilddaten und eine Datenausgabe (6) umfaßt.
16. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, bei der eine Segmentierungseinheit (4) zur Auswahl eines vorbestimmten Objektes der Szene vorgesehen ist, das in der Fuzzy-Recheneinheit (5) einer Farbklassifizierung unterzogen wird.
17. Verwendung einer Vorrichtung gemäß Anspruch 15 oder 16 als Sehhilfe für Personen mit einer Sehbehinderung oder Blinde.

18. Verwendung einer Vorrichtung gemäß einem Ansprüche 15 oder 16 zur Realisierung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14.

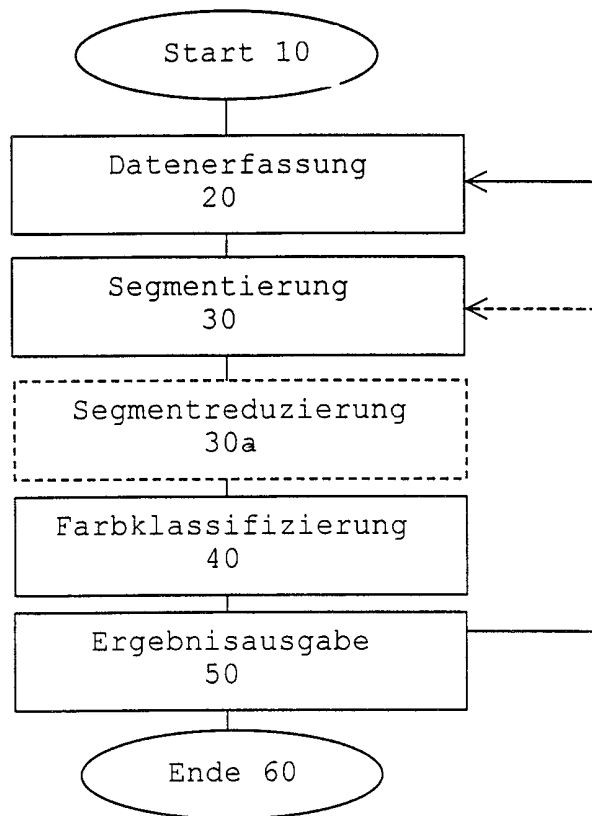


Fig. 1

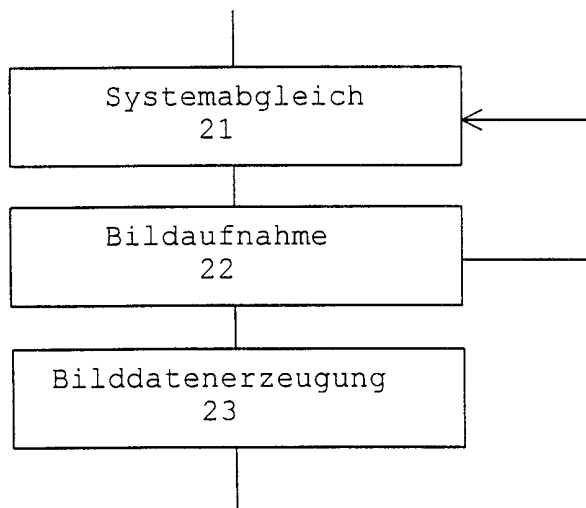


Fig. 2

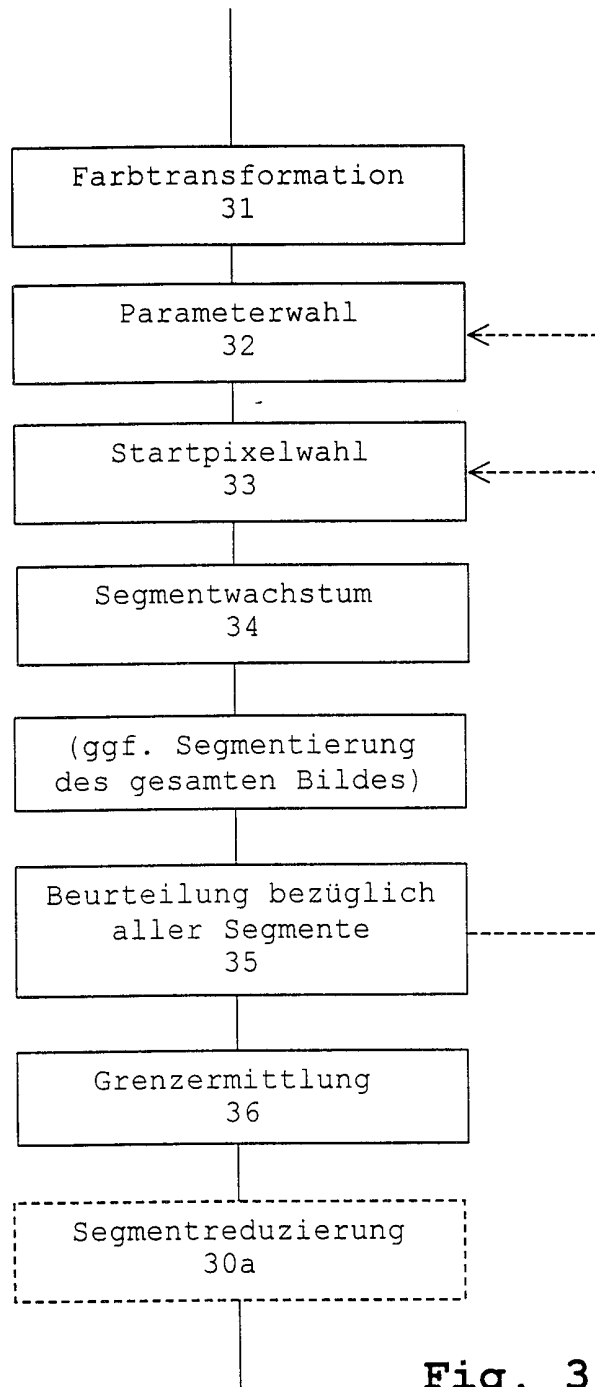


Fig. 3

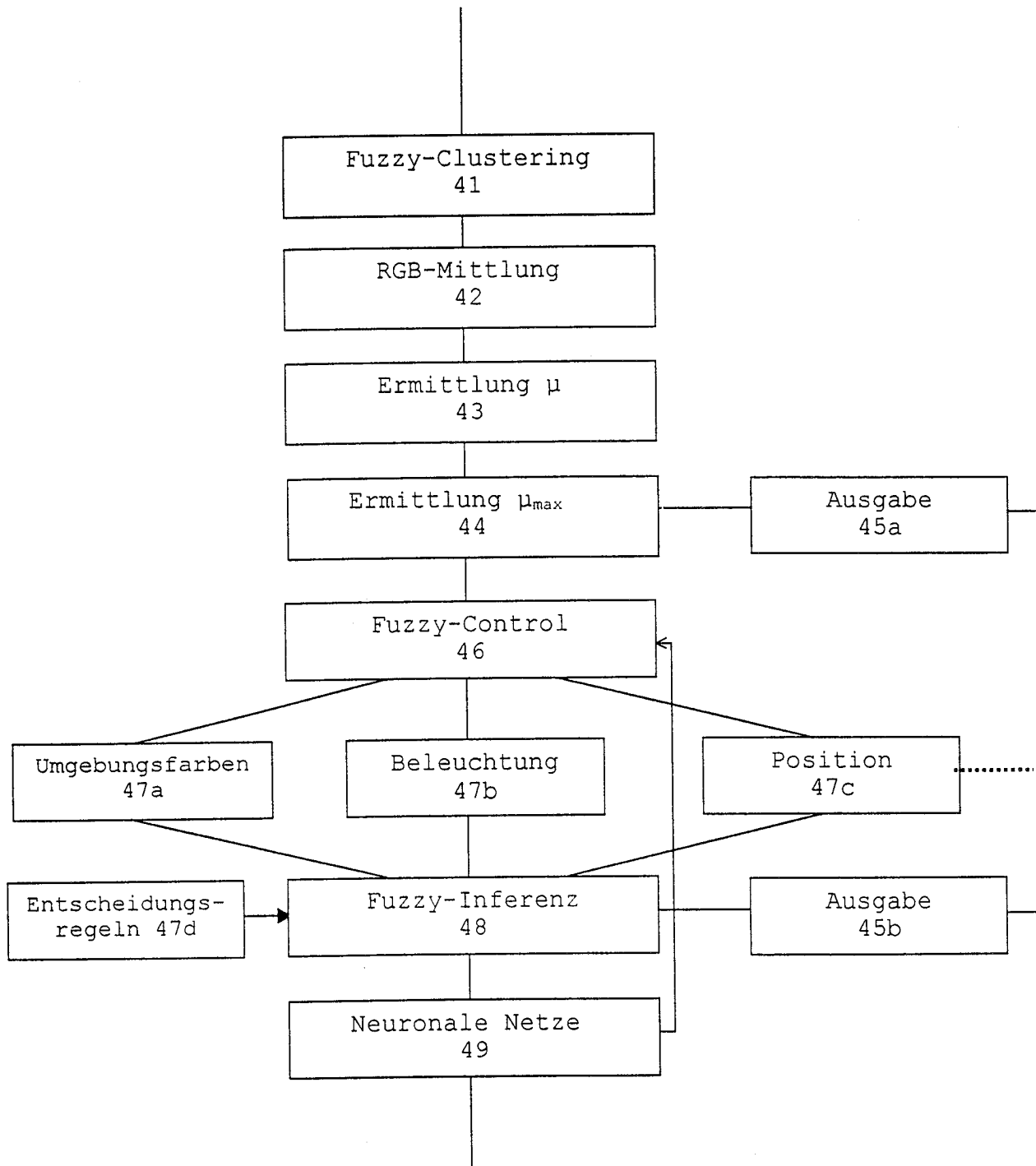


Fig. 4

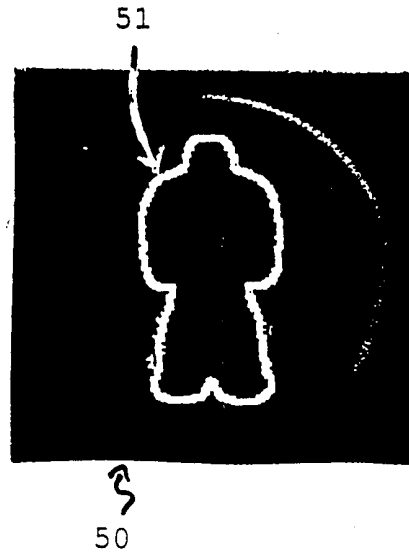


Fig. 5

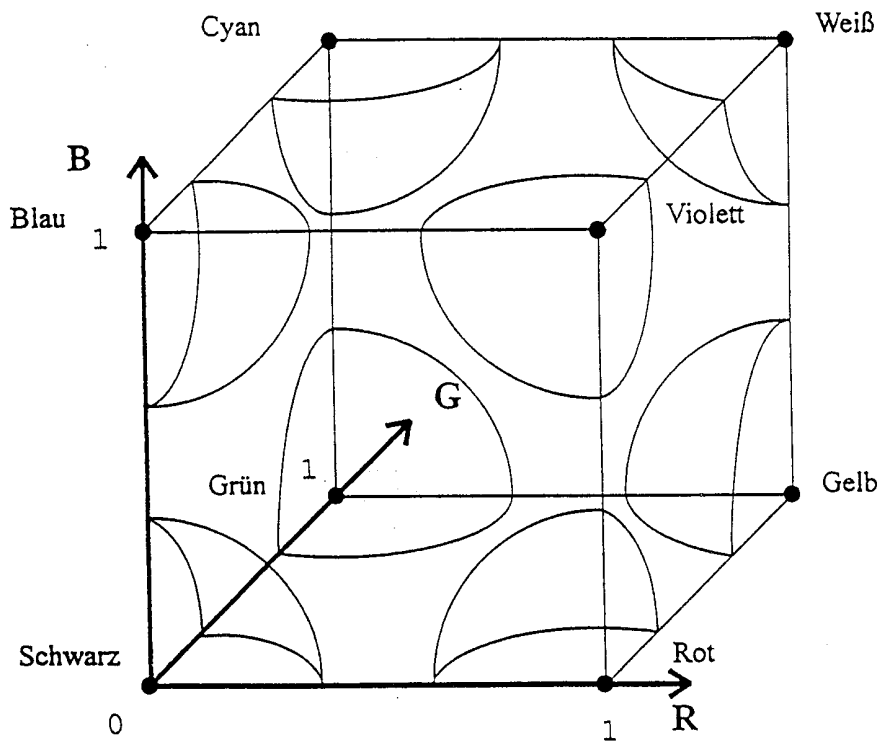


Fig. 7

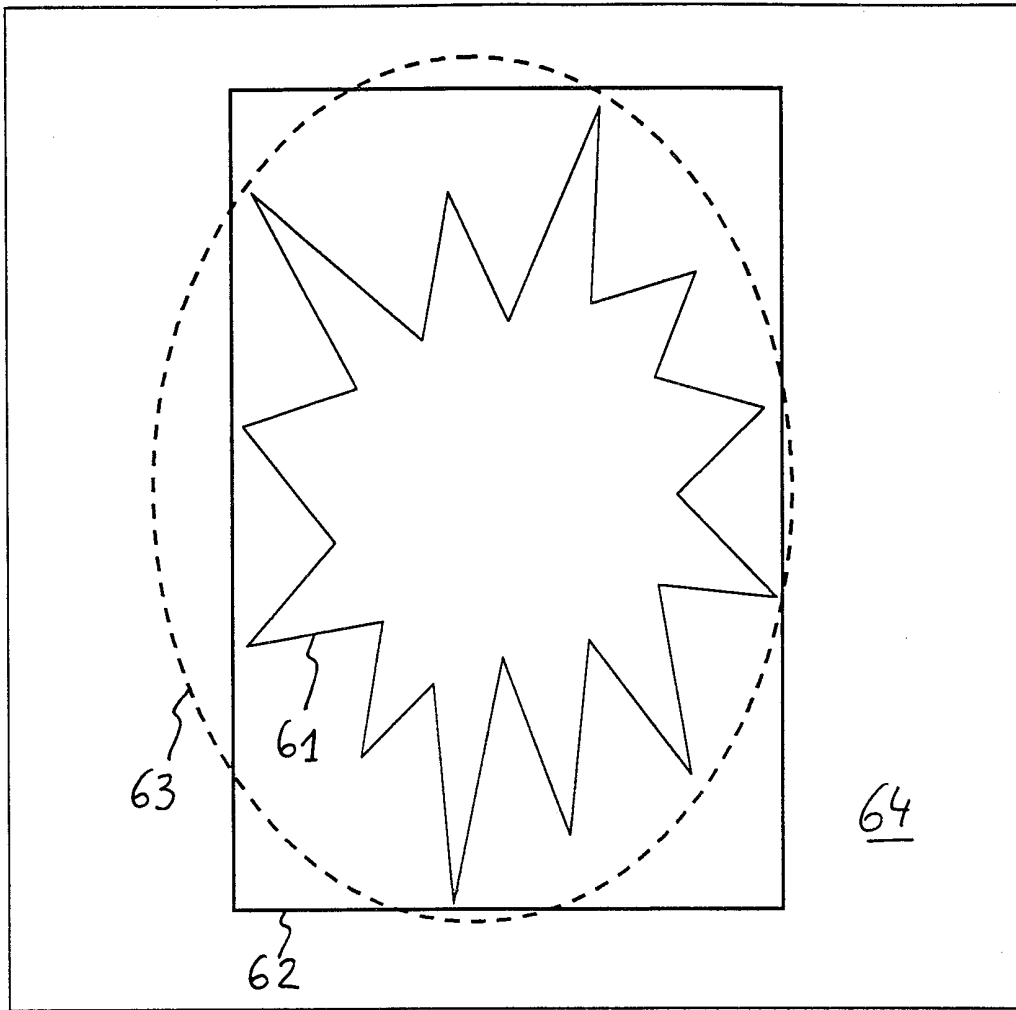


Fig. 6

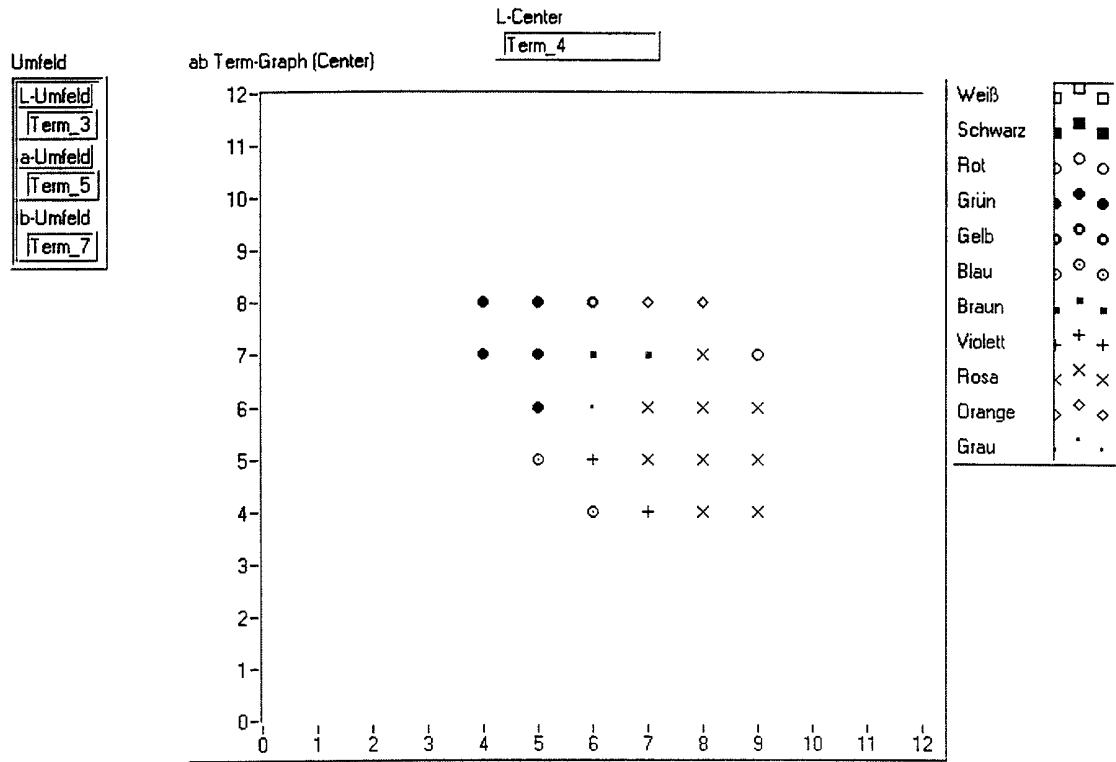


Fig. 8

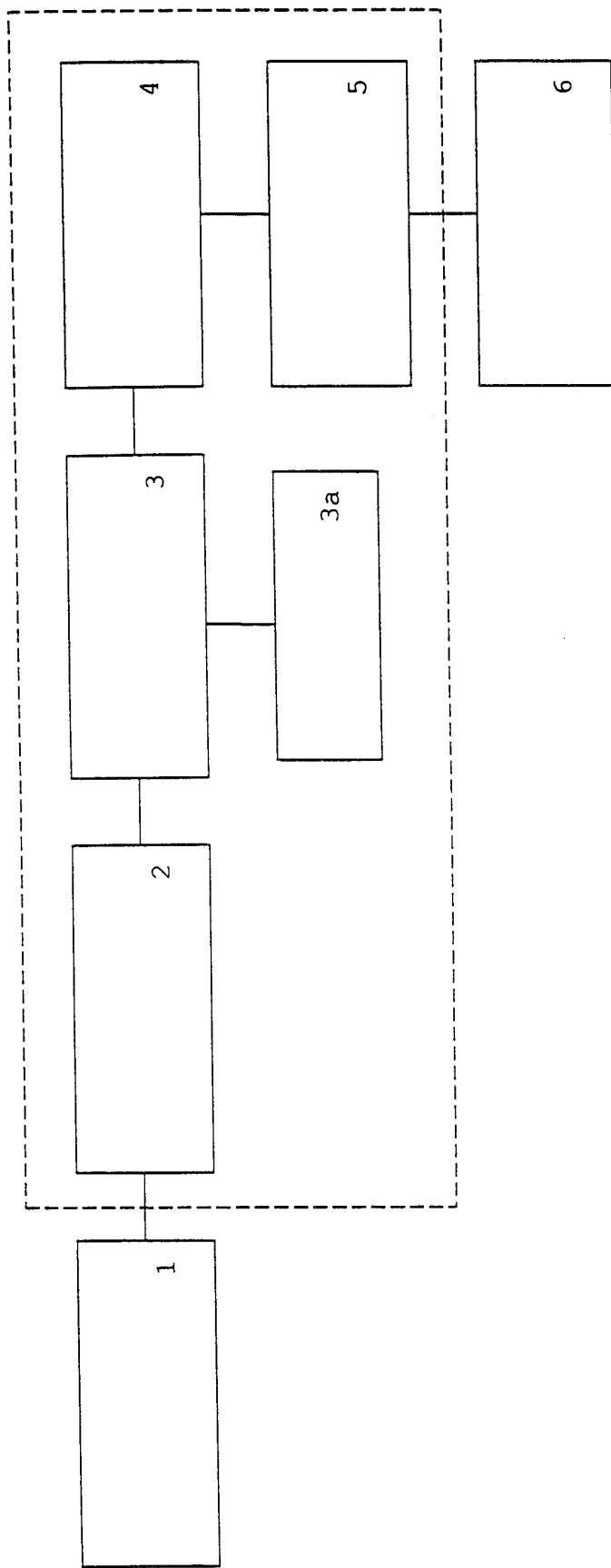


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ternational Application No
PCT/EP 99/06240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06T7/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BENITEZ-DIAZ D ET AL: "NEURAL-LIKE NETWORK MODEL FOR COLOR IMAGES ANALYSIS SYSTEMS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS (ICNN),US,NEW YORK, IEEE, page 1415-1420 XP000503856 ISBN: 0-7803-1902-8 abstract page 1417, paragraph 3 -page 1419	1
A	MOGHADDAMZADEH A ET AL: "A FUZZY TECHNIQUE FOR IMAGE SEGMENTATION OF COLOR IMAGES" PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS,US,NEW YORK, IEEE, vol. CONF. 3, page 83-88 XP000529241 ISBN: 0-7803-1897-8 page 85, paragraph 5	1

Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 21 December 1999	Date of mailing of the international search report 11/01/2000
--	---

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Chateau, J-P
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In International Application No
PCT/EP 99/06240

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CARTOSIO F ET AL: "A FUZZY DATA-FUSION APPROACH TO SEGMENTATION OF COLOUR IMAGES" PROCEEDINGS OF THE ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS,US,NEW YORK, IEEE, vol. CONF. 22, page 310-314 XP000130270 the whole document	1
A	EP 0 806 863 A (XEROX CORPORATION) 12 November 1997 (1997-11-12) abstract page 19, line 56 - line 58	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/06240

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 806863 A	12-11-1997	US 5765029 A JP 10074257 A	09-06-1998 17-03-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/06240

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 G06T7/40		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G06T		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BENITEZ-DIAZ D ET AL: "NEURAL-LIKE NETWORK MODEL FOR COLOR IMAGES ANALYSIS SYSTEMS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS (ICNN), US, NEW YORK, IEEE, Seite 1415-1420 XP000503856 ISBN: 0-7803-1902-8 Zusammenfassung Seite 1417, Absatz 3 -Seite 1419	1
A	MOGHADDAMZADEH A ET AL: "A FUZZY TECHNIQUE FOR IMAGE SEGMENTATION OF COLOR IMAGES" PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS, US, NEW YORK, IEEE, Bd. CONF. 3, Seite 83-88 XP000529241 ISBN: 0-7803-1897-8 Seite 85, Absatz 5	1
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Abschließdatum des internationalen Recherchenberichts
21. Dezember 1999		11/01/2000
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Chateau, J-P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/06240

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CARTOSIO F ET AL: "A FUZZY DATA-FUSION APPROACH TO SEGMENTATION OF COLOUR IMAGES" PROCEEDINGS OF THE ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS, US, NEW YORK, IEEE, Bd. CONF. 22, Seite 310-314 XP000130270 das ganze Dokument	1
A	EP 0 806 863 A (XEROX CORPORATION) 12. November 1997 (1997-11-12) Zusammenfassung Seite 19, Zeile 56 - Zeile 58	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/06240

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 806863 A	12-11-1997	US 5765029 A JP 10074257 A	09-06-1998 17-03-1998