

(19)



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 408 377 B

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 547/2000
(22) Anmeldetag: 31.03.2000
(42) Beginn der Patentdauer: 15.03.2001
(45) Ausgabetag: 26.11.2001

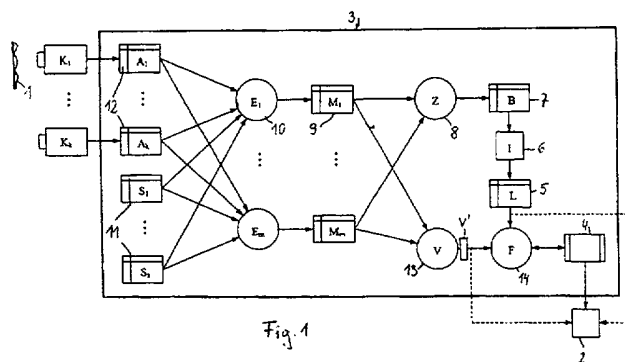
(51) Int. Cl.⁷: **G01N 21/86**
G01N 21/89, G06T 7/00

(73) Patentinhaber:
ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM
SEIBERSDORF GES.M.B.H.
A-2444 SEIBERSDORF, NIEDERÖSTERREICH
(AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR PRÜFUNG BZW. UNTERSUCHUNG VON GEGENSTÄNDEN

AT 408 377 B

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Untersuchung von Gegenständen (1). Mit einer Aufnahmeeinrichtung werden Bilder aufgenommen und unter Einsatz eines Blob-labeling-algorithmus ausgewertet. Erfindungsgemäß werden Bildmerkmale extrahiert und Merkmalsbilder (M_1, \dots, M_m) erstellt. Aus den Merkmalswerten von einander zugeordneten Bildpunkten von Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) werden binäre Funktionswerte berechnet und ein Binär-Bild (B) erstellt. Auf das Binär-Bild wird der Blob-labeling-algorithmus angewendet und ein Label-Bild (L) erstellt. Aus den Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) werden Funktions-Bilder (V') abgeleitet, indem aus den Merkmalswerten zugeordneten Bildpunkten ein Funktionswert errechnet und den Bildpunkten der Funktions-Bilder (V') zugeordnet wird. Den einzelnen Bildpunkten der Blobs des Label-Bildes (L) werden die Merkmalswerte der zugeordneten Bildpunkte des Funktions-Bildes (V') zugeordnet und auf die erhaltenen Bildpunktswerte der Bildpunkte der einzelnen Blobs wird zumindest eine vorgegebene Qualitäts-Funktion (F) angewendet und die mit der Qualitäts-Funktion (F) für die einzelnen Blobs errechneten Qualitätsmaße werden als Ergebnis der Prüfung ausgewertet.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 16.

Es ist bekannt, Bilder von Gegenständen unter Zuhilfenahme des sogenannten Blob-labeling-algorithmus auszuwerten; insbesondere werden derartige Vorgangsweisen eingesetzt, wenn die aufgenommenen Bilder auf Fehler oder auf Abweichungen von Soll-Werten untersucht werden sollen. Bei dieser Vorgangsweise ist es mitunter nicht einfach, die Blobs zu lokalisieren, zu identifizieren, untereinander genau abzugrenzen oder zusammengehörige Bildbereiche als zusammengehörig zu erkennen. Erfindungsgemäß soll eine Vorgangsweise erstellt werden, mit dem die Zusammengehörigkeit von Abweichungen einzelner Bildpunkte bzw. die Unterschiede zwischen unerwünschten Abweichungen und tolerierbaren Abweichungen bzw. ordnungsgemäß abgebildeten Bildbereichen besser erkannt werden können.

Dieses Ziel wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den im Kennzeichen des Anspruches 1 angeführten Merkmalen erreicht. Bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art wird dies mit den Merkmalen des Kennzeichens des Anspruches 16 erreicht.

Erfindungsgemäß werden somit die Merkmalswerte aus den Merkmalsbildern durch eine vorgegebene getrennte Wertungsfunktion verknüpft und den Bildpunkten der einzelnen Blobs des Label-Bildes zugeordnet. Daraufhin wird ein Qualitäts- bzw. Kennmaß dieser einzelnen Blobs unter Zuhilfenahme einer vorgegebenen Qualitätsfunktion errechnet, das letztlich für die Bewertung der einzelnen Blobs ausschlaggebend ist. Damit können die erhaltenen Blobs besser bewertet bzw. klassifiziert werden. Die erfindungsgemäßen Verfahren sowie die Vorrichtung eignen sich besonders gut für schnelle Prüfungen, bei denen während der Aufnahme eines Bildes des Gegenstandes die Auswertung des vorangehend aufgenommenen Bildes erfolgt.

Zweckmäßig sind die Merkmale des Anspruches 2; die Binarisierungs-Funktion wird vor allem auf die zu beurteilenden Merkmale der aufgenommenen Bilder abgestellt, z.B. unter Berücksichtigung, ob es sich um die Überprüfung von Druckwerken, Holzmaserungen od.dgl. handelt; die Wertungs-Funktion wird insbesondere auf die auftretenden charakteristischen Merkmale der einzelnen Bildpunkte, z.B. Kontrast, Helligkeit usw., abgestellt. Die Binarisierungs-Funktion und die Wertungs-Funktion sind mathematisch unabhängige Funktionen.

Wenn gemäß Anspruch 3 für die Erstellung von Merkmalsbildern noch eine Anzahl von Soll-Bildern zur Verfügung gestellt wird, aus denen ebenfalls zur Erstellung der Merkmalsbilder Bildmerkmale extrahiert werden können, wird die Aussagekraft der nachfolgenden Auswertung erhöht.

Die Auswertegenauigkeit und Aussagekraft der erfindungsgemäßen Vorgangsweise wird erhöht, wenn - wie gemäß Anspruch 4 vorgesehen - durch unterschiedliche Aufnahmeverfahren unterschiedliche Bildmerkmale aufweisende Bilder des Gegenstandes aufgenommen werden bzw. wenn - gemäß Anspruch 5 - auch die Soll-Bilder jeweils unterschiedliche Bildmerkmale aufweisen. Je nach den erstellten Soll-Bildern können aus den Soll-Bildern die für zweckmäßig erachteten Bildmerkmale extrahiert und mit den extrahierten Bildmerkmalen der Bilder des Gegenstandes zu den Merkmalsbildern zusammengesetzt werden. Dabei kann es, je nach dem vorliegenden Anwendungsfall, insbesondere zur Verbesserung des Erkennens zusammengehöriger Bildpunkte eines Bildes vorteilhaft sein, wenn die Merkmale der Ansprüche 6, 7 und/oder 8 erfüllt sind, um damit auch einen möglichst großen Spielraum bei der Erstellung der Merkmalsbilder zu erhalten.

Die Merkmalswerte der erstellten Merkmalsbilder werden mit einer Binarisierungs-Funktion verknüpft und den einzelnen Bildpunkten der Merkmalsbilder binäre Werte zugeordnet, je nach dem, ob die mit der Binarisierungs-Funktion erhaltenen Merkmalswerte ein bestimmtes Kriterium erfüllen oder nicht. Dabei ist es rechnerisch von Vorteil bzw. für die Auswertung vorteilhaft, wenn die Merkmale des Anspruches 9 erfüllt werden.

Nachdem mit den aufgenommenen Bildern und mit den Soll-Bildern die Merkmalsbilder erstellt wurden, werden von denselben Merkmalsbildern, wie sie zur Binarisierung vorgesehen wurden, unter Zuhilfenahme einer Wertungsfunktion entsprechende Funktionsbilder errechnet bzw. erstellt. Dabei kann je nach Anwendungsfall vorgegangen werden, insbesondere ist es vorteilhaft, wenn gemäß den Merkmalen des Anspruches 10 vorgegangen wird.

Vom Vorteil ist eine Vorgangsweise gemäß den Merkmalen des Anspruches 11, da damit auf alle Bildpunktswerte der Blobs dieselbe Qualitäts- bzw. Kennfunktion angewendet wird und somit eindeutig für die einzelnen Blobs vergleichbare Ergebnisse vorliegen, womit in den meisten Fällen das Auskommen gefunden wird und rasche Ergebnisse erreicht werden können.

Zweckmäßig erfolgt die Auswertung der Bildpunktwerte der Blobs so, wie sie mit der Wertungsfunktion ermittelt bzw. vorgegeben wurden, indem die Merkmale des Anspruches 13 angewendet werden bzw. durch Eintragen und z.B. Aufsummieren der bei Anwendung der Qualitätsfunktion auf die durch die Wertungs-Funktion bestimmten Bildpunktwerte der Bildpunkte der jeweiligen Blobs erhaltenen Funktionswerte in einem Speicher.

Dabei können auch die Koordinatenwerte der Bildpunkte der einzelnen Blobs Berücksichtigung finden, um z.B. die einzelnen Blobs bezüglich Schwerpunkt, Umfang oder ähnlichen Parametern auszuwerten zu können.

Um ein gut auswertbares Qualitäts- bzw. Kennmaß zu erhalten, sind die Merkmale des Anspruches 15 von Vorteil; es fällt damit leichter, unterschiedliche Eigenschaften von Bildpunkten zu erkennen bzw. zusammengehörige Bildpunkte zuzuordnen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist einfach aufgebaut und kann trotz der Vielzahl der anfallenden Daten ausreichend rasch rechnen bzw. ist in ihrem Aufbau einfach und mit herkömmlichen Bauteilen kostengünstig zu realisieren. Eine Anpassung der Vorrichtung an unterschiedliche Problemstellungen kann rasch erfolgen, da für jede Funktion eine Mehrzahl von unterschiedlichen Funktionen gespeichert vorliegen kann, die jeweils für spezielle Anwendungsfälle angepasst sind bzw. abgeändert werden können.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Schaltschema einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; Fig. 2 bis 6 zeigen schematisch Bilder, die auf unterschiedlichen Verfahrensstufen vorliegen können.

Die in Fig. 1 schematisch mit 3 bezeichnete erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst eine Anzahl von Aufnahmeeinrichtungen K_1, \dots, K_k , mit denen unterschiedliche Bilder des zu untersuchenden Gegenstandes 1 aufgenommen werden. Bei diesen Aufnahmeeinrichtungen kann es sich um UV-Kameras, Infrarot-Kameras, Kameras für verschiedene Beleuchtungen bzw. zur Aufnahme unter verschiedenen Beleuchtungswinkeln und/oder Lichtfrequenzen, Scanner, Zeilenkameras, Video-Kameras od.dgl. handeln.

Mit diesen Aufnahmeeinrichtungen K_1, \dots, K_k können Bilder des Gegenstandes 1 unter verschiedenen Wellenlängen, unter unterschiedlichen Aufnahmewinkeln, in Form von Durchlichtbildern und/oder unter unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln aufgenommen werden. Es ist durchaus möglich, auch andere Bilder des Gegenstandes 1 mit diesen Aufnahmeeinrichtungen aufzunehmen.

Die aufgenommenen Bilder werden zweckmäßigerweise in einem oder mehreren Speicher(n) 12 als Ist-Bilder A_1, \dots, A_k des Gegenstandes 1 zwischengespeichert.

Es ist des weiteren vorteilhaft, wenn zumindest ein bis eine Anzahl von Speicher(n) 11 vorgesehen ist, in denen Soll-Bilder S_1, \dots, S_s zur Verfügung gestellt werden; bei diesen Soll-Bildern kann es sich um Bilder des Gegenstandes handeln oder um ausgewählte Bilder, so wie sie zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens als zweckmäßig erachtet werden. Dabei kann vorgesehen sein, dass als Soll-Bilder S_1, \dots, S_s Bilder mit Soll-Grauwerten, Soll-Farbwerten und/oder anderen Soll-Merkmalwerten, z.B. Kantenintensitäten, lokalen Minima oder Maxima od.dgl., Bilder mit maximal oder minimal erlaubten Grauwerten, Farbwerten und/oder anderen maximalen oder minimalen Merkmalswerten, Bilder mit maximal erlaubten Abweichungswerten oder Bilder mit Gewichtungswerten od.dgl. zur Merkmalsextraktion zur Verfügung gestellt bzw. herangezogen werden.

Aus den in den Speichern 12 gespeicherten Ist-Bildern A_1, \dots, A_k und den in den Speichern 11 enthaltenen Soll-Bildern S_1, \dots, S_s werden nunmehr unter Zuhilfenahme von Extraktionsfunktionen E_1, \dots, E_m für jeweils einander entsprechende und/oder einander zugeordnete Bildpunkte die jeweiligen Merkmale bzw. Merkmalswerte dieser Bildpunkte extrahiert und damit eine vorgegebene Anzahl von Merkmalsbildern M_1, \dots, M_m erstellt, welche Merkmalsbilder in einem bzw. einer entsprechenden Anzahl von Speicher(n) 9 gespeichert werden.

Die vorgesehenen Extraktionsfunktionen E_1, \dots, E_m berücksichtigen die jeweilige vorzunehmende Untersuchung, die Oberfläche sowie die Art, Form, Farbe usw. des Gegenstandes, insbesondere dessen Oberflächenfarbe usw., sowie die gewünschten festzustellenden Fehler.

Es kann vorgesehen sein, dass bei der Erstellung eines Merkmalsbildes M_1, \dots, M_m , die den einzelnen Bildpunkten der aufgenommenen Bilder und gegebenenfalls den Soll-Bildern S_1, \dots, S_s entnommenen Merkmalswerte unverändert übernommen oder bildpunktweise von den herange-

zogenen Merkmalswerten ein Minimum, ein Maximum, eine Summe, eine gewichtete Summe, eine Differenz von zumindest zwei Merkmalswerten ermittelt wird und/oder auf die Merkmalswerte eine Filterung, z.B. Mittelwertfilterung, Gaußfilterung, Gaborfilterung, Minimumfilterung, Maximumfilterung und/oder eine Bildtransformation, z.B. eine diskrete Kosinustransformation oder eine Wavelet-Transformation angewendet wird. Auch die Anwendung anderer Funktionen ist möglich.

Zweckmäßig ist es, wenn der Ausgang zumindest eines Speichers, vorzugsweise einer Anzahl von Speichern, insbesondere aller Speicher 12 für die aufgenommenen Bilder A_1, \dots, A_k und gegebenenfalls der Ausgang zumindest eines Speichers, vorzugsweise einer Anzahl von Speichern, insbesondere aller Speicher 11 für die Soll-Bilder S_1, \dots, S_s , an zumindest eine Extraktionseinheit, vorzugsweise eine Anzahl von, insbesondere alle, Extraktionseinheiten 10 angeschlossen sind. Des weiteren ist vorzusehen,

- dass jeder Extraktionseinheit 10 ein Speicher 9 für das von ihr erstellte bzw. extrahierte Merkmalsbild zugeordnet bzw. nachgeschaltet ist,

- dass die Extraktionseinheiten 10 zumindest einen Speicher aufweisen, in dem zumindest eine vorgegebene, gegebenenfalls veränderbare, Funktion E_1, \dots, E_m zur Extraktion von Bildmerkmalen aus den aufgenommenen Bildern A_1, \dots, A_k und/oder den Soll-Bildern S_1, \dots, S_s abgespeichert ist und

- dass die Ausgänge zumindest eines oder einer Anzahl von, vorzugsweise aller, Speichers(n) 9 für die Merkmalsbilder M_1, \dots, M_m , an die Binarisierungs-Einheit 8 und/oder an den Wertungsbildner 13 angeschlossen sind.

Mit den Merkmalswerten der einzelnen einander entsprechenden und/oder einander zugeordneten Bildpunkte der Merkmalsbilder M_1, \dots, M_m wird unter Verwendung einer Binarisierungs-Funktion Z ein Bild erstellt, in dem die einzelnen Bildpunkte bestimmte Merkmalswerte aufweisen, welche Merkmalswerte der Binarisierung unterworfen werden bzw. es wird überprüft, ob die Merkmalswerte einem vorgegebenen Kriterium entsprechen oder nicht. Es ist vorgesehen, dass mit der Binarisierungs-Funktion Z überprüft bzw. entschieden wird, ob der Merkmalswert eines Bildpunktes oder der Funktionswert von Merkmalswerten entsprechender und/oder zugeordneter Bildpunkte aus mehreren Merkmalsbildern M_1, \dots, M_m , z.B. eine gewichtete Summe, eine Summe der Quadrate, ein Maximum od.dgl. von einem oder mehreren Merkmalswert(en), in einem vorgegebenen Wertebereich liegt, insbesondere größer oder kleiner als ein vorgegebener Wert ist oder einem vorgegebenen Entscheidungskriterium entspricht. In Abhängigkeit dieser Überprüfung wird die Binarisierung vorgenommen, wobei gegebenenfalls der vorgegebene Wertebereich bzw. das Entscheidungskriterium für jeden oder eine Anzahl von unterschiedlichen Bildpunkt(en) des Merkmalsbildes M_1, \dots, M_m gleich gewählt oder in Abhängigkeit der Koordinaten der Bildpunkte des Merkmalsbildes variiert wird. Dabei kann vorgesehen sein, dass mit der Wertungs-Funktion V aus den den einzelnen Bildpunkten des(r) Merkmalsbildes(r) zugeordneten Merkmalswerten Maxima, Minima, Summen, Mittelwerte und/oder Differenzen gebildet und/oder die Merkmalswerte und/oder diese Ergebnisse gewichtet und/oder potenziert werden. Es ist vorgesehen, dass die Binarisierungseinheit 8 einen Speicher aufweist, in dem zumindest eine vorgegebene, vorzugsweise abänderbare, Binarisierungs-Funktion Z abgespeichert ist.

In der Blob-labeling-Einheit 6 wird jedem Bildpunkt des Binär-Bildes B ein Identifikationswert (label) zugeordnet und dieses Bild als Label-Bild L im Speicher 5 gespeichert. Bildpunkte, die im Binärbild den Wert Null haben, bekommen vorteilhafterweise ein spezielles Label, das sie als Hintergrund-Bildpunkte kennzeichnet. Bildpunkte mit dem Wert 1 bekommen eines jener Labels, mit denen jeweils zusammengehörige Regionen von Bildpunkten gekennzeichnet werden, so wie dies bei den bekannten Blob-labeling-algorithmen üblich ist. Zwei Bildpunkte, die im Binär-Bild B den Wert 1 haben, bekommen genau dann das gleiche Label, wenn sie benachbart liegen oder durch eine Kette von jeweils benachbart liegenden Bildpunkten, die alle den Wert 1 haben, verbunden sind. Für den Begriff "benachbart" bzw. "zugeordnet" kann z.B. die Vierer- oder Achter-Verbundenheit verwendet werden; bei der Vierer-Verbundenheit gelten z.B. diejenigen Bildpunkte als benachbart, die direkt übereinander oder nebeneinander liegen. Bei der Achter-Verbundenheit gelten darüber hinaus auch diagonal liegende Bildpunkte als benachbart bzw. einander zugeordnet.

Die mit gleichen Labels bezeichneten Bildpunkte bilden den sogenannten Blob; die Bildpunkte eines Blobs hängen zusammen. Da es jedoch auf die Auswahl der Bildmerkmale mittels der Extraktions-Funktionen E_1, \dots, E_m sowie auf die Binarisierungs-Funktion Z ankommt, welche die

Ausbildung der Blobs beeinflusst, kann durchaus der Fall eintreten, dass nicht alle tatsächlichen zu einem Blob gehörigen Bildpunkte als solche festgestellt werden können oder zu viele Bildpunkte einem Blob zugeordnet werden. Aus diesem Grund wird erfindungsgemäß vorgegangen und es wird eine eigene, von der Binarisierungs-Funktion Z unabhängige Wertungs-Funktion V erstellt.

5 Unter Einsatz der Wertungs-Funktion V werden aus den Merkmalsbildern M_1, \dots, M_m , insbesondere unter Aufrechterhaltung der Bildstruktur, Funktions-Bilder V' abgeleitet, indem aus den Merkmalswerten von einander entsprechenden und/oder zugeordneten Bildpunkten einer vorgegebenen Anzahl von Merkmalsbildern mit einer gewählten bzw. vorgegebenen Wertungs-Funktion V ein Funktionswert errechnet und den jeweiligen Bildpunkten des Funktions-Bildes V' zugeordnet wird.

10 Es ist ein Wertungsbildner 13 vorgesehen, mit dem unter Verwendung der Wertungs-Funktion V aus einer Anzahl von Merkmals-Bildern M_1, \dots, M_m für einzelne einander entsprechende und/oder einander zugeordnete Bildpunkte, Bildmerkmale bzw. Merkmalswerte extrahiert werden und ein Funktions-Bild V' errechnet wird. Vorteilhafterweise ist vorgesehen, dass der Wertungsbildner 13 einen Speicher aufweist, in dem zumindest eine, vorzugsweise eine Anzahl von, vorgegebene(n),

15 vorzugsweise abänderbare(n), Wertungs-Funktion(en) V abgespeichert ist.

Dieses Funktions-Bild V' und das jeweilige Label-Bild L werden in einer Recheneinheit 14 unter Anwendung einer Qualitäts-Funktion F miteinander verknüpft. Vorgesehen ist, dass die Recheneinheit 14 zumindest einen Speicher umfasst, in dem zumindest eine vorgegebene, insbesondere abänderbare, Qualitätsfunktion F abgespeichert ist. Dabei werden den einzelnen Bildpunkten der Blobs des Label-Bildes L die Merkmalswerte der entsprechenden und/oder von zugeordneten Bildpunkte(n) des Funktions-Bildes V' zugeordnet bzw. auf diese überschrieben und es wird auf die erhaltenen Bildpunktwerte der Bildpunkte der einzelnen Blobs eine vorgegebene Qualitäts-Funktion F angewendet. Es werden somit den einzelnen Bildpunkten der jeweiligen Blobs die Merkmalswerte der zugeordneten Bildpunkte des Funktions-Bildes V' zugeordnet unter gleichzeitiger Anwendung der Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion F. Diese den Bildpunkten eines Blobs zugeordneten Funktionswerte bzw. Merkmalswerte werden durch die Qualitäts-Funktion F für jeden Blob getrennt miteinander verknüpft. Zweckmäßig ist es dabei, wenn die bzw. alle bei Anwendung der Qualitäts-Funktion F auf die Bildpunktwerte der Bildpunkte des jeweiligen Blobs erhaltenen Teilresultate, z.B. Teilsummen, in einem diesem Blob zugeordneten initialisierbaren Speicher 4 gespeichert werden.

30 Die Qualitäts-Funktion F berechnet für jeden Blob zumindest einen statistischen Wert, z.B. durch Addition der diesem Blob bzw. dessen Bildpunkten mittels der Wertungs-Funktion V zugeordneten Merkmalswerte des Funktions-Bildes V' . Es ist auch möglich, die Funktionswerte des Funktions-Bildes V' und die Koordinaten der Bildpunkte des Funktions-Bildes V' mit der Qualitäts-Funktion F miteinander zu verknüpfen. Das Label-Bild L bestimmt, welche Bildpunkte wertemäßig miteinander zu verknüpfen sind; es werden immer nur die Werte von Bildpunkten ein und desselben Blobs bzw. Labels verknüpft, z.B. summiert, und bewertet. Im Speicher 4 erfolgt vorerst ein Einspeichern der Teilergebnisse für die einzelnen Blobs, d.h. ein Einspeichern der Funktionswerte der Qualitäts-Funktion F angewandt auf alle Merkmalswerte der bereits bekannten einzelnen bzw. abgearbeiteten Bildpunkte der jeweiligen Blobs. Diese in dem Speicher 4 abgelegten Werte werden mit jedem weiteren, einem Blob zugeordneten Bildpunkt korrigiert, bis alle Bildpunkte abgearbeitet sind und im Speicher 4 für jeden Blob die endgültigen Funktionswerte bzw. die errechneten Qualitätsmaße der Qualitäts-Funktion F gespeichert sind. Die Bildpunkte des Label-Bildes L werden z.B. reihen- oder spaltenweise aufeinanderfolgend abgearbeitet und dabei die Zugehörigkeit der Bildpunkte zu den jeweiligen Blobs berücksichtigt. In der Einheit 2 erfolgt die Gesamtbeurteilung und gegebenenfalls eine Anzeige der Ergebnisse.

45 Die Qualitäts-Funktion F ordnet jedem Blob einen Funktionswert zu. Sie verknüpft jeweils die Funktionswerte derjenigen Bildpunkte des Funktions-Bildes V' , die im zugeordneten Label-Bild L dieselbe Labelnummer aufweisen. Üblicherweise werden mehrere Qualitäts-Funktionen F in der Einheit 14 verwendet. Diese werden im Allgemeinen auf alle Blobs angewendet und für alle Blobs ausgewertet. Im Speicher 4 entstehen dann für jeden Blob mehrere Qualitäts- bzw. Kennwerte.

50 Die praktische Berechnung der Kennwerte mit der Qualitäts-Funktion F erfolgt im Allgemeinen durch eine bildpunktweise Abarbeitung des Label-Bildes L. Für jeden mit einem gültigen (kein Default) Label versehenen Bildpunkt werden die zugehörigen Qualitäts-Funktionswerte des Blobs im Speicher 4 auf den neuesten Stand gebracht. Im Speicher 4 stehen daher während der Abarbeitung Teilergebnisse, z.B. Teilsummen, die laufend erneuert werden. Erst mit der Abarbeitung des

55

letzten Bildpunktes ist sichergestellt, dass die jeweiligen Gesamtergebnisse, z.B. Gesamtsummen, im Speicher 4 stehen. Die Werte für verschiedene Qualitäts-Funktionen F werden im Speicher 4 gespeichert. Jede Anwendung einer Qualitäts-Funktion F auf einen Blob liefert ein Qualitätsmaß bzw. einen Kennwert.

- 5 Ein typisches Beispiel für die Qualitäts-Funktion ist die Summe der Funktions-Werte aus V':

$$F_s(\text{Blob}) = \sum_{\text{Label}(\text{Bildpunkt})=\text{Label}(\text{Blob})} V'(\text{Bildpunkt})$$

10

(Summe der Bildpunktwerte der Bildpunkte des Wertungsbildes V', die den Bildpunkten des Label-Bildes L entsprechen oder zugeordnet sind.)

Ein anderes Beispiel ist das Maximum:

15

$$F_m(\text{Blob}) = \max_{\text{Label}(\text{Bildpunkt})=\text{Label}(\text{Blob})} V'(\text{Bildpunkt})$$

(Maximum der Bildpunktwerte der Bildpunkte des Wertungsbildes V', die den Bildpunkten des Label-Bildes L entsprechen oder zugeordnet sind.)

20

Für die Berechnung der x-Koordinate des Blob-Schwerpunkts wird folgende Kenn-Funktion benötigt.

$$F_x(\text{Blob}) = \sum_{\text{Label}(\text{Bildpunkt})=\text{Label}(\text{Blob})} x(\text{Bildpunkt}) \cdot V'(\text{Bildpunkt})$$

In der Einheit 2 wird dann durch

25

$$\frac{F_x(\text{Blob})}{F_s(\text{Blob})}$$

die x-Koordinate des Schwerpunkts berechnet. Die blobweisen Funktionswerte für die Qualitäts-Funktion F_s und Kenn-Funktion F_x werden aus dem Speicher 4 entnommen.

30

Bei sämtlichen vorgesehenen Funktionen handelt es sich um an den jeweiligen Anwendungsfall anpassbare bzw. abänderbare Funktionen; aufgrund der vorgesehenen Wertungs-Funktion V und der vorgesehenen Qualitäts-Funktion F und der Verknüpfung des Label-Bildes L mit dem Funktions-Bild V' ergibt sich die Möglichkeit, die Genauigkeit des Prüfungsverfahrens zu erhöhen bzw. die Zuordnung von Bildpunkten zu Blobs zu verfeinern und differenzierte Aussagen über den Gegenstand treffen zu können. Vorteilhaft ist es, wenn der Recheneinheit 14 ein vorzugsweise initialisierbarer Ergebnisspeicher 4 nachgeschaltet ist, zur Abspeicherung der für die einzelnen Blobs mit der Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion F erhaltenen Qualitäts- bzw. Kennmaße bzw. gegebenenfalls von Zwischenergebnissen dieses Rechenschrittes, insbesondere zur blobweisen Verknüpfung, vorzugsweise Aufsummierung, der für die einzelnen Bildpunkte der jeweiligen Blobs mit der Wertungs-Funktion V ermittelten Funktionswerte.

40

In der Einheit 2 für die Gesamtbeurteilung können abschließende Berechnungen durchgeführt werden. Z.B. kann in dieser Einheit 2 für jeden Blob die Summe der Funktionswerte des Funktions-Bildes V' und die Summe der Funktionswerte des Funktions-Bildes V' jeweils multipliziert mit der Bildpunkt-Koordinate des zugeordneten Bildpunktes stehen. In dieser Einheit 2 könnte sodann für jeden Blob der letztere Wert durch den ersteren Wert dividiert werden, womit man die Koordinaten des Schwerpunkts des Blobs erhält. Diese Vorgangsweise kann für die X- und/oder für die Y-Koordinate des Schwerpunktes vorgenommen werden. Auch das minimale und/oder maximale Trägheitsmoment bzw. die zugehörigen Achsen lassen sich berechnen, sofern im Speicher 4 die entsprechenden Werte enthalten sind. Es können in dem Speicher 4 auch Sortierungen betreffend die einzelnen Gegenstände, z.B. nach Größe, Länge, Breite, Höhe, Lage usw. vorgenommen werden, indem eine entsprechende Auswertung der einzelnen Blobs vorgenommen wird.

50

Die Einheit 2 für die Gesamtbeurteilung kann auch auf die untersuchten Gegenstände Einfluß nehmen, z.B. ein Aussortieren oder eine Stellbewegung für die Gegenstände bewirken.

Die Ist-Bilder A_1, \dots, A_k und/oder die Soll-Bilder S_1, \dots, S_s und/oder die Merkmals-Bilder M_1, \dots, M_m und/oder das Label-Bild und/oder das Funktions-Bild V' müssen nicht unbedingt den gleichen Bildmaßstab bzw. die gleiche Auflösung haben; es müssen jedoch die Koordinatentransfor-

55

mationen bekannt sein, mit denen die Bildpunkte der unterschiedlichen Bilder einander zugeordnet werden können, um die die Bildstruktur bestimmenden Merkmale in den einzelnen Bildern einander zuordnen zu können bzw. die Bildstruktur aufrechtzuerhalten.

Im folgenden ist die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

5

Überprüfung von Druckwerken mit einer Grauwert-Kamera

Aufgabenstellung

Als Gegenstand ist ein Bild vorgesehen, das auf Druckfehler untersucht werden soll. Dazu werden verschiedene Merkmale extrahiert und mit den Soll-Merkmalen verglichen. Zu hohe Abweichungen bzw. zu große Anhäufungen von Abweichungen gelten als Fehler.

10

Erfindungsgemäße Vorgangsweise

Mit einer digitalen Grauwertkamera K_1 wird das zu prüfende Bild aufgenommen und das Ist-Bild A_1 gespeichert. Mit der Extraktionseinheit E_1 wird dieses Bild durch Anwendung eines Gaußfilters geglättet und um den Faktor 2 in x- und y-Richtung reduziert (nur jeder zweite Merkmalswert in jeder zweiten Zeile wird genommen). Von diesen Merkmalswerten werden die Soll-Merkmalwerte von entsprechend zugeordneten Bildpunkten eines Soll-Bildes S_1 aus dem Speicher 11 abgezogen und die Absolutbeträge davon im Speicher 9 als Bildpunkte des Merkmalsbildes M_1 gespeichert.

Die Extraktionseinheit E_2 extrahiert vertikale Kanten. Es wird auf das Ist-Bild A_2 ein vertikaler Sobelfilter und anschließend ein 2×2 -Maximumfilter angewandt. Das Bild wird wieder um den Faktor 2 reduziert. Hohe Werte markieren die Position von vertikalen Kanten. Von diesen Merkmalswerten werden die im Speicher 11 gespeicherten Soll-Merkmalwerte des Sollbildes S_2 abgezogen und die Absolutbeträge davon im Speicher 9 als Merkmalsbild M_2 gespeichert.

Analog berechnet die Extraktionseinheit E_3 für horizontale Kanten die Abweichungen vom Soll-Bild S_3 und speichert deren Absolutbeträge im Merkmalsbild M_3 .

Die Werte in den Speichern 11 für die Soll-Bilder S_1 bis S_3 müssen natürlich zuvor entsprechend berechnet bzw. festgelegt worden sein. Sie können z.B. aus der Aufnahme eines fehlerfreien Bildes berechnet werden.

Die Merkmalsbilder M_1 bis M_3 im Speicher 9 haben alle die gleiche Auflösung, da bei ihrer Entstehung aus dem Ist-Bild A_1 jeweils der Reduktionsfaktor 2 angewandt wurde.

Die Funktion Z erzeugt aus den 3 Merkmalsbildern M_1 bis M_3 ein Binärbild B mit der gleichen Auflösung. Der Wert eines Bildpunktes im Binärbild B hat in diesem Fall entsprechend der eingesetzten Binarisierungs-Funktion Z genau dann den Wert 1, wenn der zugehörige Merkmalswert im Merkmalsbild M_1 größer als der Wert m_1 ist und/oder der zugehörige Merkmalswert des Merkmalsbildes M_2 größer als m_2 ist und/oder der zugehörige Merkmalswert des Merkmalsbildes M_3 größer als m_3 ist. Die Werte m_1 bis m_3 werden vorgegeben. Mit ihnen kann gesteuert werden, wie stark bei der anschließenden Blobanalyse die Blobs zusammenwachsen sollen.

In der Einheit 6 wird aus dem Binärbild B das Labelbild L berechnet und im Speicher 5 abgelegt. Für das Bloblabeling wird als Nachbarschaftsbeziehung die 8-Verbundenheit verwendet.

Die Funktion V verknüpft die 3 Merkmalsbilder M_1 bis M_3 . Gemäß der vorgegebenen Funktion V wird von den Merkmalswerten von M_1 der Wert n_1 abgezogen, von den Merkmalswerten von M_2 der Wert n_2 abgezogen und von den Merkmalswerten von M_3 wird der Wert n_3 abgezogen. Von diesen Differenzwerten wird das Maximum genommen. Falls dieses kleiner als 0 ist, wird der Wert 0 weitergeleitet. Die Werte n_1 bis n_3 werden vorgegeben. Mit ihnen kann gesteuert werden, wie groß die Abweichungen zu den Soll-Bildern sein dürfen, bevor sie als Fehler gewertet werden. Üblicherweise sind die Werte n_1 bis n_3 größer als die Werte m_1 bis m_3 .

Fig. 2 zeigt ein Beispiel in dem die Wirkung der Funktionen Z und V verglichen wird. Die Bildpunkte, für die die Funktion V einen Funktionswert größer als 0 liefert, sind schwarz. Die Bildpunkte, die in B (durch die Funktion Z) auf 1 gesetzt sind, sind grau dargestellt, sofern sie nicht durch schwarze überdeckt werden. Alle anderen Bildpunkte sind weiß.

In der Einheit 6 wird das Bloblabeling durchgeführt. Das Bild im Speicher 5 entspricht dem der Fig. 3. Es wurden 3 Blobs gefunden und die Labelnummern 1 bis 3 dafür vergeben.

Die Qualitäts-Funktion F berechnet für jeden einzelnen Blob statistische Werte, wie z.B. die Anzahl der Bildpunkte im Blob, die Summe der Werte jedes Bildpunktes eines Blobs od.dgl. Es

55

werden dabei aber nur jene Bildpunkte berücksichtigt, die in Fig. 2 schwarz sind, für die also die Funktion V einen Funktionswert größer als 0 liefert. Für den Blob rechts oben, dem z.B. Label 1 zugeordnet wurde, sind dies gar keine Bildpunkte. Für den mittleren Bloblabel 2 sind dies zwölf und für den unteren Bloblabel 3 sind dies zwei Bildpunkte. Die Funktion F kann z.B. auch die Summe der Bildpunkt-Werte, die von der Wertungs-Funktion V geliefert werden bzw. im Funktions-Bild V' enthalten sind, blobweise summieren. Die Zwischensummen werden im Speicher 4 für jeden Blob getrennt abgelegt. Die Labelnummern dienen als Indizes. Am Ende wertet die Einheit 2 diese Summen aus. Ist z.B. die Summe der aus dem Funktions-Bild V' abgeleiteten Funktionswerte oder die Anzahl der Bildpunkte für einen Blob zu groß, wird das Bild als fehlerhaft eingestuft.

Oberflächenprüfung von Werkstücken

Aufgabenstellung

Die Oberfläche von stählernen Werkstücken (z.B. Schienen) soll auf Fehler, wie unerlaubte Vertiefungen (Scharten) untersucht werden. Durch stellenweise vorhandenen Zunder ist auch bei fehlerfreien Werkstücken mit hellen und dunklen Stellen zu rechnen.

Erfindungsgemäße Vorgangsweise

Das Werkstück 1 wird mit gleichförmiger Geschwindigkeit an zwei Zeilenkameras K_1 und K_2 vorbeigeführt und die gelieferten Bildpunktwerte in den Speichern 12 als Ist-Bilder A_1 bzw. A_2 abgelegt. Das Werkstück 1 wird dabei von verschiedenfarbigen Beleuchtungsquellen angestrahlt. Die erste Beleuchtung ist grün und fällt in einem spitzen Winkel auf das Werkstück. Die zweite Beleuchtung ist rot und fällt aus der entgegengesetzten Richtung auf das Werkstück, sodass dadurch unterschiedliche Schattenbilder entstehen. Der ersten Kamera ist ein Filter vorgeschaltet, der nur grünes Licht durchlässt. Die zweite Kamera nimmt analog dazu nur rotes Licht auf.

Die Extraktionseinheit E_1 berechnet das Differenzbild von A_1 und A_2 und speichert es im Speicher 9 als Merkmalsbild M_1 . Dies geschieht mit der Formel bzw. Funktion $a_1 - g \cdot a_2 + d$, wobei a_1 die Werte von A_1 und a_2 die Werte von A_2 repräsentieren. Die konstanten Werte g und d müssen vorgegeben werden. Mit ihnen sollen die zu erwartenden unterschiedlichen Reflexionseigenschaften der grünen und roten Beleuchtung ausgeglichen werden. Bei fehlerfreien Werkstücken sollen die Werte im zu berechnenden Differenzbild möglichst nahe bei 0 liegen. g und d werden vorab durch Versuche entsprechend bestimmt, um dies zu erreichen.

Mit der Funktion Z wird jedem Bildpunkt von M_1 , dessen absolut genommener Merkmalswert größer der vorgegebene Wert c ist, der Binärwert 1 zugeordnet. Allen anderen Bildpunkten aus M_1 wird der Wert 0 zugeordnet. Das Binärbild B wird im Speicher 7 gespeichert und in der Blob-labeling-Einheit 6 zu einem gelabelten Blobbild L umgewandelt.

Der Wertungsbildner 13 bzw. die Wertungsfunktion V subtrahiert von den aus M_1 abgeleiteten bzw. kommenden absolut genommenen Merkmalswerten einen vorgegebenen Wert e und leitet die erhaltenen Werte weiter zum Rechner 14. Dabei entstehende Differenzwerte, die kleiner als 0 sind, werden auf 0 gesetzt.

Der Rechner 14 bzw. die Qualitäts-Funktion F summiert interessante statistische Werte für jeden Blob (bzw. jede Labelnummer) auf und speichert diese im Speicher 4. Interessant sind z.B. die Anzahl der vom Funktions-Bild V' bzw. vom Wertungsbildner 13 kommenden Werte, die größer sind als 0, die Summe der von diesem kommenden Werte, minimale und maximale Koordinaten (um für jeden Blob das umschließende Rechteck zu bestimmen), usw.

In der Auswerteeinheit 2 werden diese Blobwerte beurteilt. Sind sie zu groß liegt vermutlich ein Fehler vor. Die Koordinaten des betreffenden Blobs werden gespeichert. Zusammen mit den anderen Blobwerten bilden sie das Ergebnis.

Schwerpunktbestimmung von Ziffern

Aufgabenstellung

In einer Grauwert-Aufnahme soll die genaue Position von aufgedruckten Ziffern ermittelt werden. Diese Information wird z.B. für ein Ziffernerkennungsprogramm benötigt. Die Druckfarbe der Ziffern ist dunkler als der Hintergrund, auf dem sie gedruckt sind.

Erfindungsgemäße Vorgangsweise

Jede Ziffer wird dabei als eigenständiger Blob aufgefasst und ihr bzw. sein Schwerpunkt berechnet. Durch den Schwerpunkt ist die Lage genau bestimmt.

Die digitale Kamera K_1 legt das aufgenommene Ist-Bild A_1 im Speicher 12 ab. E_1 ordnet jedem Bildpunktwert einen neuen Wert zu und speichert diesen im Merkmalsbild M_1 . Bildpunkte aus A_1 , deren Wert kleiner ist als der vorgegebene Wert a , haben im Merkmalsbild M_1 den Wert 0 (schwarz). Bildpunkte mit einem Wert größer als der vorgegebene Wert b haben in M_1 den Wert 255 (weiß). Werte x , die zwischen a und b liegen, werden auf die Funktionswerte $(x - a) \cdot 255 / (b - a)$ abgebildet. Bei richtiger Wahl der Parameter a und b wird der Hintergrund einheitlich weiß, die Kernbereiche der Ziffern einheitlich schwarz und Übergänge bekommen entsprechende Grauwerte.

Fig. 4 zeigt ein einfaches Beispiel für M_1 mit zwei benachbarten Ziffern. Mit der Binarisierungseinheit 8 werden alle Bildpunkte aus M_1 , die kleiner als der vorgegebene Wert c sind, auf 1 gesetzt und im Speicher 7 gespeichert. Wählt man c zu groß, besteht wie in Fig. 4 dargestellt, die Gefahr, dass die beiden Ziffern zu einem Blob zusammenwachsen. Deshalb wird c eher klein gewählt, sodass nur die schwarzen Bildpunkte den Wert 1 zugewiesen bekommen.

In der Blob-labeling-Einheit 6 wird zunächst das übliche Bloblabeling durchgeführt. Dies führt zu einem gelabelten Bild L gemäß Fig. 5. Nicht gelabelte Bildpunkte bekommen den Defaultlabelwert 0.

Anschließend wird auf dieses Bild ein 3×3 -Maximumfilter angewandt, wodurch die Blobs vergrößert werden (Fig. 6). Dieses Labelbild L wird im Speicher 5 gespeichert. Durch die Vergrößerung wird erreicht, dass nun auch die grauen Bildpunkte (Fig. 3) zum Blob gehören. Dies ist zweckmäßig, da dadurch die Genauigkeit der Lagebestimmung erhöht wird.

Der Wertungsbildner 13 weist jedem Merkmalswert x aus M_1 den neuen Wert $255 - x$ zu. Das Bild wird dadurch invertiert zum Funktions-Bild V' . In der Recheneinheit 14 wird nun der Schwerpunkt des jeweiligen Blobs berechnet. Dazu werden für jeden Blob die Funktionswerte des Funktions-Bildes V' mit der Qualitäts-Funktion F aufsummiert; die Summe wird im Speicher 4 gespeichert. Gleiches geschieht mit den Produkten aus den Funktionswerten der jeweiligen Bildpunkte des Funktions-Bildes V' und den zugehörigen x -Koordinaten sowie mit den Produkten aus den Funktionswerten von V und den zugehörigen y -Koordinaten.

Die Koordinaten der Blob-Schwerpunkte werden in der Auswerteeinheit 2 aus diesen Summenwerten berechnet. Dazu müssen für jeden Blob die beiden letzteren Summen durch die erstere dividiert werden. Die sich daraus ergebenden Koordinatenpaare bilden das Ergebnis.

Zusätzlich besteht z.B. noch die Möglichkeit, Blobs auszusieben, die zu groß oder zu klein sind. So kommen Blobs, die auf Grund ihrer Größe keine Ziffern sein können, nicht in die Ergebnisliste.

Die beschriebene Methode funktioniert in gleicher Weise auch für Buchstaben und andere Zeichen. Bedingung ist allerdings, dass jedes Zeichen aus zusammenhängenden Bildpunkten besteht, die Zeichen untereinander aber getrennt sind, damit pro Zeichen genau ein Blob entstehen kann.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Prüfung bzw. Untersuchung von Gegenständen (1), bei dem mit zumindest einer Aufnahmeeinrichtung (K_1, \dots, K_k), z.B. einem elektronenoptischen Aufnahmegerät, eine Anzahl von Bildern des Gegenstandes (1), insbesondere desselben Gegenstandsbereiches, vorzugsweise gleichzeitig, aufgenommen wird und diese Bilder unter Einsatz eines Blob-labeling-algorithmus ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet,
 - dass aus einer vorgegebenen Anzahl der aufgenommenen, gegebenenfalls zwischengespeicherten, Bilder (A_1, \dots, A_k), insbesondere bildpunktweise, jeweils unter Einsatz von zumindest einer vorgegebenen Extrahierungs-Funktion (E_1, \dots, E_m) eine vorgegebene Anzahl von vorgegebenen Bildmerkmalen bzw. Merkmalswerten extrahiert und damit, insbesondere unter Aufrechterhaltung der Bildstruktur, eine vorgegebene Anzahl von Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) erstellt wird,

- dass aus den Merkmalswerten von einander entsprechenden und/oder zugeordneten Bildpunkten einer vorgegebenen Anzahl von Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) mit einer vorgegebenen Binarisierungs-Funktion (Z) binäre Funktionswerte berechnet werden und ein Binär-Bild (B) erstellt wird,
- 5 - dass auf das erhaltene Binär-Bild der Blob-labeling-algorithmus angewendet wird und ein Label-Bild (L) erstellt, vorzugsweise zwischengespeichert, wird,
- dass aus den Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m), insbesondere unter Aufrechterhaltung der Bildstruktur, Funktions-Bilder (V') abgeleitet werden, indem aus den Merkmalswerten von einander entsprechenden und/oder zugeordneten Bildpunkten einer vorgegebenen Anzahl
- 10 von Merkmalsbildern mit einer vorgegebenen Wertungs-Funktion (V) ein Funktionswert errechnet und den jeweiligen Bildpunkten des Funktions-Bildes (V') zugeordnet wird,
- dass den einzelnen Bildpunkten der Blobs des Label-Bildes (L) die Merkmalswerte der entsprechenden und/oder zugeordneten Bildpunkte des Funktions-Bildes (V') zugeordnet bzw. auf diese überschrieben werden und auf die erhaltenen Bildpunktswerte der Bildpunkte der einzelnen Blobs zumindest eine vorgegebene Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F)
- 15 angewendet wird und
- dass die mit der zumindest einen Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F) für die einzelnen Blobs errechneten Qualitäts- bzw. Kennmaße als Ergebnis der Prüfung ausgewertet bzw. beurteilt werden.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Binarisierungs-Funktion (Z) und die Wertungs-Funktion (V) unterschiedliche und unabhängige Funktionen sind und/oder jeweils auf Merkmalswerte von entsprechenden und/oder zugeordneten Bildpunkten aus einer unterschiedlichen Menge von Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) angewendet werden.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl von Soll-Bildern (S_1, \dots, S_s), insbesondere gespeichert, zur Verfügung gestellt wird, dass vorgegebene Bildmerkmale bzw. Merkmalswerte von Bildpunkten einer vorgegebenen Anzahl von Soll-Bildern mit den Extrahierungs-Funktionen (E_1, \dots, E_m) extrahiert werden und dass die Merkmalsbilder (M_1, \dots, M_m) mit diesen extrahierten Bildmerkmalen zusätzlich zu den mit den
- 30 Bildmerkmalen der aufgenommenen Bilder erstellt werden.
- 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedliche Bilder des Gegenstandes (1), insbesondere gleichzeitig, gegebenenfalls unter verschiedenen Wellenlängen, unter unterschiedlichen Aufnahmewinkeln, in Form von Durchlichtbildern und/oder unter unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln aufgenommen werden.
- 35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Soll-Bilder (S_1, \dots, S_s) Bilder mit Soll-Grauwerten, Soll-Farbwerten und/oder anderen Soll-Merkmalswerten, z.B. Kantenintensitäten, lokalen Minima oder Maxima od.dgl., Bilder mit maximal oder minimal erlaubten Grauwerten, Farbwerten und/oder anderen maximalen oder minimalen Merkmalswerten, Bilder mit maximal erlaubten Abweichungswerten oder
- 40 Bilder mit Gewichtungswerten od.dgl. zur Merkmalsextraktion zur Verfügung gestellt bzw. herangezogen werden.
- 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Merkmalsbilder (M_1, \dots, M_m) als Bildmerkmale bzw. Merkmalswerte der einzelnen Bildpunkte Helligkeitswerte, Intensitätswerte, Kantenintensitätswerte, Kantenrichtungen und/oder
- 45 insbesondere gewichtete Abweichungen von Toleranzwerten od.dgl. enthalten.
- 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Erstellung eines Merkmalsbildes (M_1, \dots, M_m), die den aufgenommenen Bildern und gegebenenfalls den Soll-Bildern (S_1, \dots, S_s) entnommenen Merkmalswerte der einzelnen Bildpunkte unverändert übernommen werden oder bildpunktweise von den herangezogenen Merkmalswerten ein Minimum, ein Maximum, eine Summe, eine gewichtete Summe, eine Differenz von zumindest zwei Merkmalswerten ermittelt wird und/oder auf die Merkmalswerte eine Filterung, z.B. Mittelwertfilterung, Gaußfilterung, Gaborfilterung, Minimumfilterung, Maximumfilterung, und/oder eine Bildtransformation, z.B. eine diskrete Kosinustransformation oder eine Wavelet-Transformation angewendet wird.
- 50
- 55 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass einem

Bildpunkt eines Merkmalsbildes (M_1, \dots, M_m) der Merkmalswert von entsprechenden bzw. zugeordneten Bildpunkten von zumindest einem aufgenommenen Bild und gegebenenfalls zumindest einem Sollbild zugeordnet wird.

- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Binarisierungs-Funktion (Z) überprüft bzw. entschieden wird, ob der Merkmalswert eines Bildpunktes eines Merkmalsbildes (M_1, \dots, M_m) oder der Funktionswert von Merkmalswerten entsprechender und/oder zugeordneter Bildpunkte aus mehreren Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m), z.B. eine gewichtete Summe, eine Summe der Quadrate, ein Maximum od.dgl. von einem oder mehreren Merkmalswert(en), in einem vorgegebenen Wertbereich liegt,
 - 10 insbesondere größer oder kleiner als ein vorgegebener Wert ist oder einem vorgegebenen Entscheidungskriterium entspricht, und dass in Abhängigkeit dieser Überprüfung die Binarisierung vorgenommen wird, wobei gegebenenfalls der vorgegebene Wertbereich bzw. das Entscheidungskriterium für jeden oder eine Anzahl von Bildpunkte(n) des Merkmalsbildes (M_1, \dots, M_m) gleich gewählt oder in Abhängigkeit der Koordinaten der Bildpunkte des Merkmalsbildes variiert wird.
 - 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Wertungs-Funktion (V) aus den den einzelnen und/oder den zugeordneten Bildpunkten des(r) Merkmalsbildes(r) (M_1, \dots, M_m) zugeordneten Merkmalswerten Maxima, Minima, Summen, Mittelwerte und/oder Differenzen gebildet und/oder die Merkmalswerte und/oder diese Ergebnisse gewichtet und/oder potenziert werden.
 - 20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass auf alle Bildpunktwerte der vorhandenen Blobs eines Label-Bildes (L) dieselbe Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F) angewendet wird.
 - 25 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Zuordnung von Bildpunkten auch benachbarte Bildpunkte berücksichtigt werden.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl, vorzugsweise alle, bei Anwendung der Qualitäts- bzw. Kenn-Funktionen (F) auf die Bildpunktwerte der Bildpunkte des jeweiligen Blobs erhaltenen Funktionswerte miteinander verknüpft, z.B. in einem diesem Blob zugeordneten, initialisierbaren Speicher (4), z.B. aufsummiert werden.
 - 30 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei Anwendung zumindest einer Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F) die Koordinaten der Bildpunkte der Blobs miteinbezogen werden, insbesondere die den einzelnen Bildpunkten der Blobs zugeordneten Funktionswerte mit den Koordinaten multipliziert werden.
 - 35 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung eines Qualitäts- bzw. Kennmaßes mit zumindest einer Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F) für die einzelnen Blobs Maxima, Minima, gewichtete Summen und/oder die Summe der Quadrate für die mit der Wertungs-Funktion (V) erhaltenen Funktionswerte der einzelnen Bildpunkte der Blobs errechnet werden.
 - 40 16. Vorrichtung zur Prüfung bzw. Untersuchung von Gegenständen (1) mit zumindest einer Aufnahmeeinrichtung (K_1, \dots, K_k), z.B. einem elektronenoptischen Aufnahmegerät, zur Aufnahme einer Anzahl von Bildern (A_1, \dots, A_k) des Gegenstandes (1), insbesondere desselben Gegenstandsbereiches, und mit einer Auswerteeinheit (2), in der diese Bilder unter Einsatz eines Blob-labeling-algorithmus ausgewertet werden, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet,
 - 45 - dass die Vorrichtung (3) zumindest eine Extraktionseinheit (10) aufweist, mit der aus einer vorgegebenen Anzahl der aufgenommenen, gegebenenfalls zwischengespeicherten, Bilder (A_1, \dots, A_k) jeweils eine vorgegebene Anzahl von vorgegebenen Bildmerkmalen extrahiert und damit eine vorgegebene Anzahl von Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) erstellt wird,
 - 50 - dass der zumindest einen Extraktionseinheit (10) zumindest eine Binarisierungseinheit (8) nachgeschaltet ist, in der auf die Merkmalswerte einander entsprechender und/oder zugeordneter Bildpunkte einer vorgegebenen Anzahl von Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) jeweils eine Binarisierungs-Funktion (Z) angewendet und jeweils ein resultierender binärer Funktionswert für die einzelnen Bildpunkte berechnet und ein Binär-Bild (B)
 - 55 erstellt wird,

- dass der Binarisierungs-Einheit (8) eine Blob-labeling-Einrichtung (6) nachgeordnet ist, in der auf das erhaltene Binär-Bild der Blob-labeling-algorithmus angewendet wird und ein Label-Bild (L) erstellt, vorzugsweise zwischengespeichert, wird,
 - dass der zumindest einen Extraktionseinheit (10) ein Wertungsbildner (13) nachgeschaltet ist, mit dem aus den Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) Funktionsbilder (V) abgeleitet werden, indem aus den Merkmalswerten von einander entsprechenden und/oder zugeordneten Bildpunkten einer vorgegebenen Anzahl von Merkmalsbildern (M_1, \dots, M_m) nach einer vorgegebenen Wertungs-Funktion (V) ein Funktionswert für den jeweiligen Bildpunkt errechnet und damit ein Funktions-Bild (V') erstellt wird.
 - dass an die Blob-labeling-Einheit (6) und an den Wertungsbildner (13) eine Recheneinheit (14) angeschlossen ist, in der für jeden einzelnen Blob die Funktionswerte und/oder Koordinaten der entsprechenden und/oder zugeordneten Bildpunkte des Funktions-Bildes (V') unter Anwendung zumindest einer vorgegebenen Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F) verknüpft und damit Qualitäts- bzw. Kennmaße für die einzelnen Blobs ermittelt werden, und
 - dass an die Recheneinheit (14) eine Auswerteeinheit (2) angeschlossen ist, in der die für die jeweiligen Blobs errechneten Qualitäts- bzw. Kennmaße als Ergebnis der Prüfung ausgewertet und beurteilt werden.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Recheneinheit (14) ein vorzugsweise initialisierbarer Ergebnisspeicher (4) nachgeschaltet ist, zur Abspeicherung der für die einzelnen Blobs mit der Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F) erhaltenen Qualitäts- bzw. Kennmaße bzw. gegebenenfalls von Zwischenergebnissen dieses Rechenschrittes, insbesondere zur blobweisen Verknüpfung, vorzugsweise Aufsummierung, der für die einzelnen Bildpunkte der jeweiligen Blobs mit der Wertungs-Funktion (V) ermittelten Funktionswerte.
 18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest einen Extraktionseinheit (10) zumindest ein Speicher (9) für die Merkmalsbilder (M_1, \dots, M_m) nachgeschaltet ist.
 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest einen Extraktionseinheit (E_1, \dots, E_m) zumindest ein Speicher (12) für die aufgenommenen Bilder (A_1, \dots, A_k) und gegebenenfalls zumindest ein Speicher (11) für die Soll-Bilder (S_1, \dots, S_s) vorgeschaltet ist.
 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang zumindest eines, vorzugsweise einer Anzahl von, insbesondere aller Speicher (12) für die aufgenommenen Bilder (A_1, \dots, A_k) und gegebenenfalls der Ausgang zumindest eines, vorzugsweise einer Anzahl von, insbesondere aller Speicher (11) für die Soll-Bilder (S_1, \dots, S_s), an zumindest eine, vorzugsweise eine Anzahl, insbesondere alle, Extraktionseinheiten (10) angeschlossen sind.
 21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Extraktionseinheit (10) ein Speicher (9) für das von ihr erstellte bzw. extrahierte Merkmalsbild zugeordnet bzw. nachgeschaltet ist.
 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgänge zumindest eines oder einer Anzahl von, vorzugsweise aller, Speichers(n) (9) für die Merkmalsbilder (M_1, \dots, M_m), an die Binarisierungs-Einheit (7) und/oder an den Wertungsbildner (13) angeschlossen sind.
 23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Extraktionseinheiten (10) zumindest einen Speicher aufweisen, in dem zumindest eine vorgegebene, gegebenenfalls veränderbare, Funktion (E_1, \dots, E_m) zur Extraktion von Bildmerkmalen aus den aufgenommenen Bildern (A_1, \dots, A_k) und/oder den Soll-Bildern (S_1, \dots, S_s) abgespeichert ist.
 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Binarisierungs-Einheit (7) einen Speicher aufweist, in dem zumindest eine vorgegebene, vorzugsweise abänderbare, Binarisierungs-Funktion (Z) abgespeichert ist.
 25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Wertungsbildner (13) einen Speicher aufweist, in dem zumindest eine, vorzugsweise eine

Anzahl von, vorgegebene(n), vorzugsweise abänderbare(n), Wertungs-Funktion(en) (V) abgespeichert ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (14) zumindest einen Speicher umfasst, in dem zumindest eine vorgegebene, insbesondere abänderbare, Qualitäts- bzw. Kenn-Funktion (F) abgespeichert ist.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass als Aufnahme-Einrichtungen (K_1, \dots, K_k) Grauwertkameras, Farbkameras, nach Farbkanälen getrennte Kameras, Durchlichtkameras, UV-Kameras, Infrarot-Kameras, Kameras für verschiedene Beleuchtungen bzw. zur Aufnahme unter verschiedenen Beleuchtungswinkeln und/oder Lichtfrequenzen, Scanner, Zeilenkameras, Video-Kameras od.dgl. vorgesehen sind.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

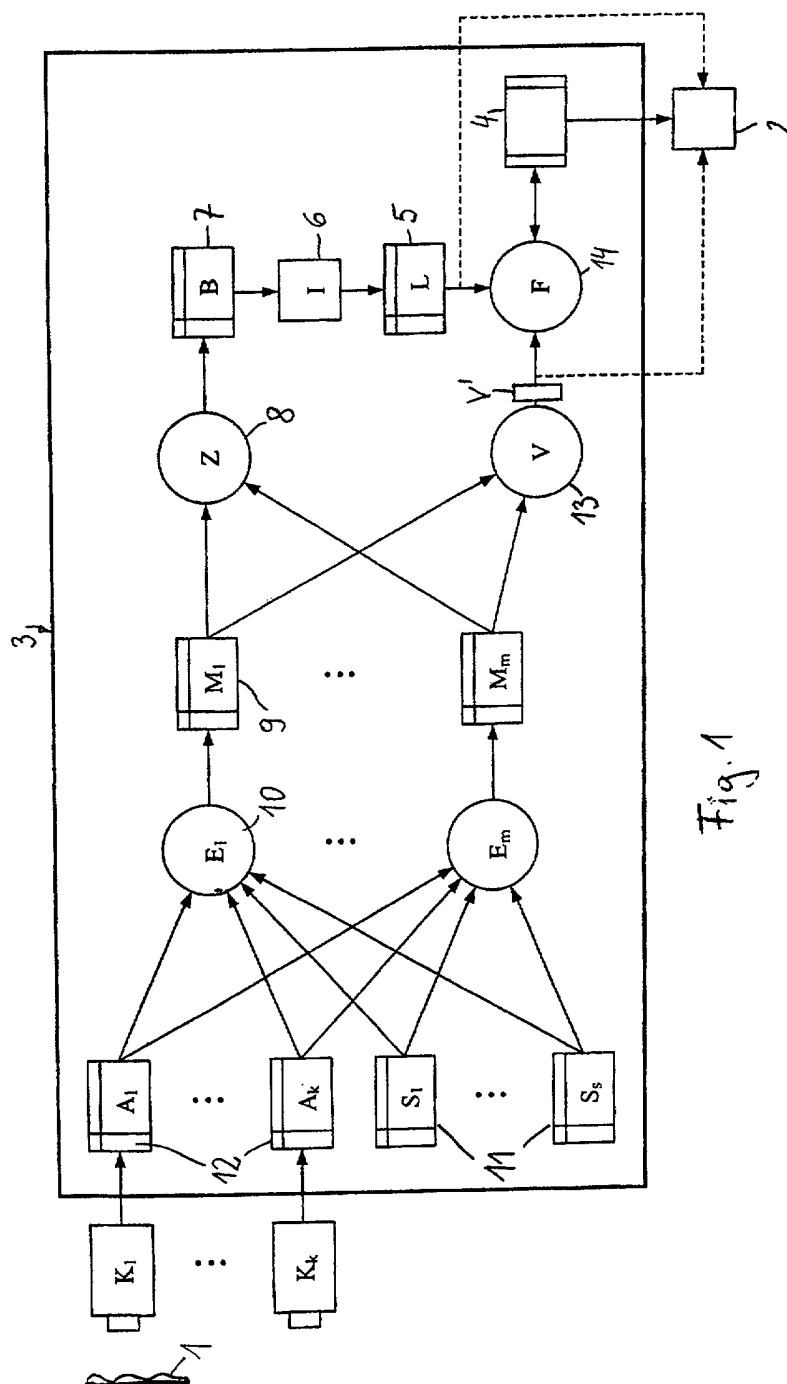


Fig. 1

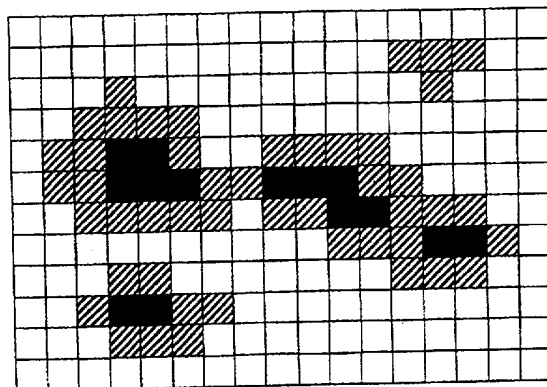


Fig. 2

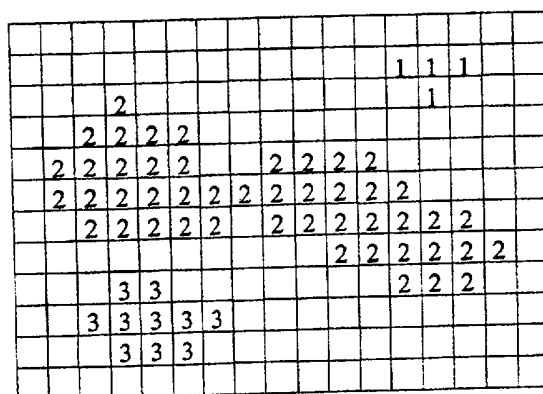


Fig. 3

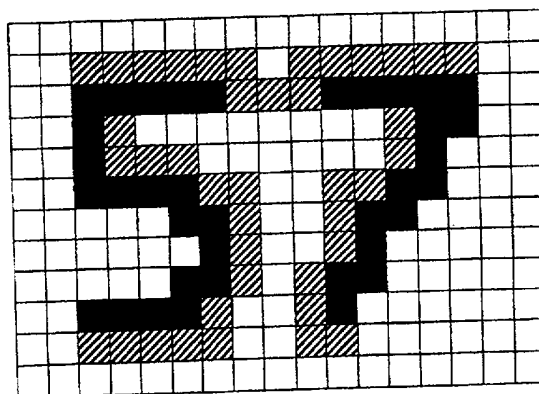


Fig. 4

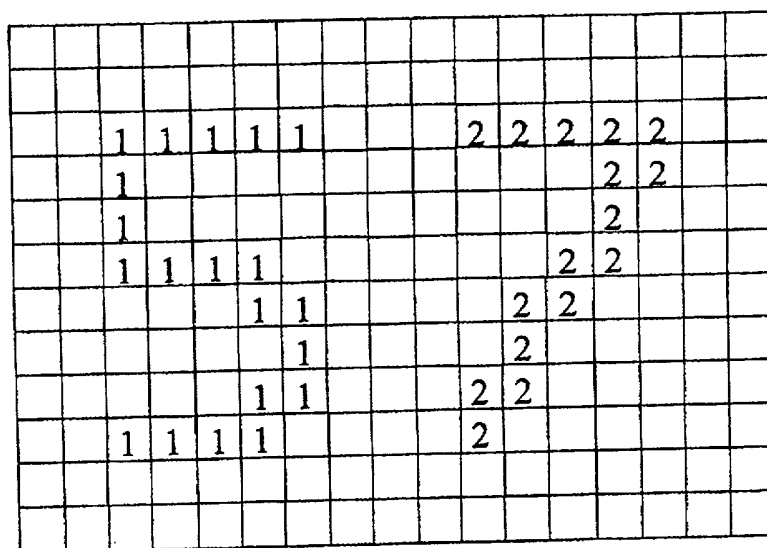


Fig. 5

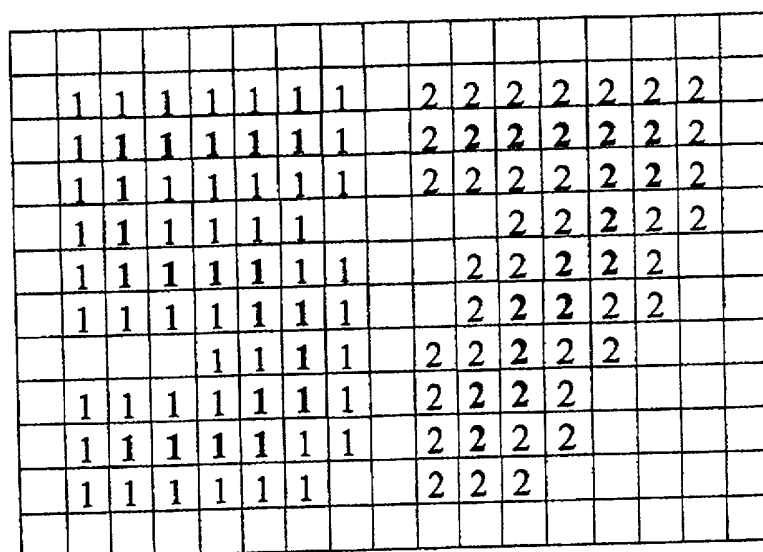


Fig. 6