



### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein optisches Objekterkennungssystem, welches Objekte vor einem Fahrzeug, wie etwa einem Automobil etc., unter Verwendung einer Bildaufnahmevorrichtung mit an diesem Fahrzeug angebrachten Kameras erfasst. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Objekterkennungssystem, welches die charakteristischen Merkmale von Objekten unter Verwendung einer Mehrzahl von Fenstern in den aufgenommenen Bildern erkennt.

**[0002]** Um die Sicherheit des Fahrzeugbetriebs zu verbessern, wurden in den letzten Jahren Vorrichtungen vorgeschlagen, die den Abstand und die Größe von Objekten vor einem Fahrzeug bestimmen und die das Fahrzeug nach Maßgabe dieser Bewertung geeignet steuern.

### Stand der Technik

**[0003]** Die japanische Patentanmeldung Kokai Nr. Hei 9-79821 beschreibt ein Beispiel einer Vorrichtung, in der eine aus zwei Lichtempfangselementen bestehende optische Abstandmessvorrichtung zur Bestimmung genutzt wird, ob ein Objekt, dessen Abstand erfasst wurde, ein körperliches Objekt oder eine Straßenfläche ist (einschließlich Buchstaben bzw. Zahlen oder weiße Linien auf der Straßenfläche). Diese Vorrichtung berechnet Abstände für jeweilige Berechnungsflächen und erkennt Flächen, in denen Hindernisse vorhanden sind, indem solche Berechnungsflächen gehäuft bzw. geclustert werden, deren gegenseitige Abstände innerhalb eines festen Bereichs liegen und die in der horizontalen Richtung einander benachbart sind. Bei der Blockbildung werden auch aus solchen Berechnungsflächen Blöcke gebildet, deren Abstände noch nicht gemessen wurden.

**[0004]** Bei der japanischen Patentanmeldung Kokai Nr. Hei 9-79821 erfolgt die Blockbildung in Fällen, in denen die aus benachbarten Berechnungsflächen berechneten Abstandswerte eng beieinanderliegen. Demzufolge können in Fällen, in denen eine Mehrzahl von Hindernissen in der Bildfläche einander benachbart sind, aus den Hindernissen Einzelblöcke gebildet werden und diese als einzelnes körperliches Objekt erkannt werden. Weil die Bereiche, aus denen Blöcke gebildet werden, fest sind, kann ein einzelnes Hindernis irrtümlich als eine Mehrzahl von Hindernissen erkannt werden.

**[0005]** Die DE 100 26 586 A1, die prioritätsälter aber nachveröffentlicht ist, offenbart ein Objekterkennungssystem, worin ein Bild eines Objekts in einem Bildspeicher **5** gespeichert wird. Eine Abstandsberechnungseinheit **7** misst den Abstand zu einem Objekt in Fenstern **W** und speichert den gemessenen Abstand in einem Abstandsspeicher **8**. Eine Erkennungseinheit **14** unterscheidet ein körperliches Objekt von der Straße auf der Basis des in dem Abstandsspeicher gespeicherten Abstands und der in dem Bildspeicher gespeicherten Bild-daten.

**[0006]** Aus der DE 43 08 776 A1 ist ein weiteres Objekterkennungssystem bekannt, worin die aus einem Objektbild extrahierten Daten durch ein Liniensegment verbunden werden. Dann werden die Form, die Fläche, Position und die Geschwindigkeit des Objekts berechnet.

**[0007]** Aus der DE 195 34 230 A1 ist ein Objekterkennungsverfahren bekannt, worin angrenzende Flächen eines Bilds mit ähnlichen Bewegungsvektoren oder Bewegungstrajektorien zu Bewegungsobjekten zusammengefasst werden.

**[0008]** Aus der DE 43 44 485 A1 ist ein Objekterkennungssystem bekannt, worin ein Größenindex des Hindernisses aus dem Azimutwinkel des Objektbilds berechnet wird, um hierdurch den relativen Objektabstand zum Fahrzeug zu berechnen.

### Aufgabenstellung

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Objekterkennungssystem und – verfahren anzugeben, das eine Mehrzahl von in der Bildfläche vorhandenen körperlichen Objekten besser voneinander unterscheiden kann.

**[0010]** Zur Lösung der Aufgabe wird ein Objekterkennungssystem nach Anspruch 1 angegeben. Das Objekterkennungssystem umfasst einen oder mehrere Bildsensoren und eine Steuereinrichtung, die dazu ausgelegt ist, den Abstand von dem System, das in einem Fahrzeug enthalten sein kann, zu Objekten in Bezug auf jeweilige Fenster eines von den Sensoren aufgenommenen Bilds zu messen. Die Steuereinrichtung bildet Cluster durch Vereinigung benachbarter Fenster, die ähnliche gemessene Abstände haben. Das System ent-

hält einen Speicher zum Speichern von Daten eines zuvor erkannten körperlichen Objekts. Die Steuereinrichtung inferiert oder folgert ein körperliches Objekt auf der Basis von Daten von einem zuvor erkannten körperlichen Objekt und der Geschwindigkeit des Systems bzw. Fahrzeugs relativ zu einem zuvor erkannten körperlichen Objekt, wobei die Steuereinrichtung eine Kombination von Clustern bestimmt, die am besten zu dem inferierten körperlichen Objekt passt.

**[0011]** Das System inferiert die gegenwärtige Position des im vorangehenden Prozesszyklus erkannten körperlichen Objekts und die Geschwindigkeit des Systems in Bezug auf das im vorangehenden Prozesszyklus erkannte körperliche Objekt, und bestimmt eine Kombination von Clustern, die am besten zu dem inferierten körperlichen Objekt passt. Das System unterscheidet die Kombination der Cluster von anderen Clustern, die zu einem anderen körperlichen Objekt gehören könnten, welches zum Beispiel neuerlich in den Erkennungsbereich der Bildsensoren gelangt ist.

**[0012]** Hierbei werden körperliche Objekte unter Verwendung von Information in Bezug auf vorher erkannte körperliche Objekte erkannt. Demzufolge können körperliche Objekte genau erkannt werden, und zwar ohne jegliche Erkennungsfehler einer Mehrzahl körperlicher Objekte als einzelner körperlicher Objekte, oder fehlerhafter Erkennung eines einzelnen körperlichen Objekts als eine Mehrzahl körperlicher Objekte. Ein körperliches Objekt kann durch einen Vergleich mit Attributen zu erkennender vorbestimmter Objekte erkannt werden. Daher können auch mehrere körperliche Objekte, die neuerlich in dem Bild erscheinen, genau erkannt und unterschieden werden.

**[0013]** Die Steuereinrichtung gruppiert die Cluster in eine oder mehrere Clustergruppen entsprechend dem Abstand von dem das System tragenden Fahrzeug und wählt aus einer der Clustergruppen jene Cluster, die mit einem von der Steuereinrichtung inferierten körperlichen Objekt überlappen. Die Steuereinrichtung erzeugt eine Passung von Kombinationen der gewählten Cluster mit dem inferierten körperlichen Objekt auf der Basis der Attribute der kombinierten Cluster und der Attribute des inferierten körperlichen Objekts.

**[0014]** Zur Lösung der Aufgabe wird ferner ein Objekterkennungsverfahren nach Anspruch 11 angegeben. Das Verfahren umfasst die Schritte der Abstandsmessung vom System, das in einem Fahrzeug enthalten sein kann, zu einem körperlichen Objekt in Bezug auf jeweilige Fenster eines von zumindest einem Bildsensor aufgenommenen Bilds, Vereinigen benachbarter Fenster, die ähnliche gemessene Abstände haben, zur Bildung von Clustern, Inferieren oder Folgern der gegenwärtigen Position eines körperlichen Objekts auf der Basis von Daten von einem zuvor erkannten körperlichen Objekt und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs relativ zu dem zuvor erkannten körperlichen Objekt, und Bestimmen einer Kombination von Clustern, die am besten zu dem inferierten körperlichen Objekt passt.

**[0015]** Der Bestimmungsschritt umfasst den Schritt des Wählens jener Cluster, die mit einem von der Steuereinrichtung inferierten körperlichen Objekt überlappen, sowie den Schritt, eine Passung von Kombinationen der gewählten Cluster mit dem inferierten körperlichen Objekt auf der Basis der Attribute der kombinierten Cluster und der Attribute des inferierten körperlichen Objekts herzustellen.

**[0016]** Bevorzugt umfasst das Verfahren eine Clusterbildung benachbarter Fenster, die sich in einem vorbestimmten Abstandsbereich befinden, Wählen von Clustern, deren Abstand von dem Fahrzeug innerhalb einer vorbestimmten Toleranz relativ zu dem Abstand des inferierten körperlichen Objekts liegt und die mit dem inferierten körperlichen Objekt überlappen, Erkennen, repräsentativ für das körperliche Objekt, der kombinierten Cluster, die eines oder mehrere der in dem Wählschritt gewählten Cluster umfassen, und die Attribute haben, die den Attributen des inferierten körperlichen Objekts am nächsten bzw. am ähnlichsten sind.

**[0017]** Das Verfahren kann ferner die Schritte umfassen, Attribute zumindest eines körperlichen Musterobjekts zu speichern, und Vergleichen von Attributen der kombinierten Cluster, die in dem Wählschritt nicht gewählt wurden, mit Attributen des zumindest einen körperlichen Musterobjekts zur Erkennung des körperlichen Musterobjekts, das Attribute hat, die dem den kombinierten Clustern entsprechenden körperlichen Objekt am nächsten bzw. am ähnlichsten sind.

**[0018]** Die Steuereinrichtung kann eine Mikrosteuereinrichtung umfassen, die typischerweise eine zentrale Prozessoreinheit (CPU) oder einen Mikroprozessor enthält, sowie einen nur-Lesespeicher (ROM), der Steuerprogramme enthält, die bei Ausführung durch den Prozessor jeweilige Funktionen ausführen, die nachfolgend beschrieben werden. Die Steuereinrichtung enthält ferner einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM), der eine Arbeitsebene für die CPU bildet und verschiedene Daten und Programme vorübergehend speichert.

[0019] Die Erfindung wird nun in bevorzugten Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0020] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm der Gesamtstruktur einer Ausführung;

[0021] [Fig. 2](#) ein Diagramm des Messprinzips durch das Triangulationsverfahren;

[0022] [Fig. 3\(a\)](#) ein Diagramm des aufgenommenen Bilds, und

[0023] [Fig. 31\(b\)](#) ein Diagramm des Bildes, das zum Bewerten von Abständen und Straßenflächen in kleine Flächen (Fenster) unterteilt ist;

[0024] [Fig. 4](#) ein Diagramm der Clusterbildung von Fenstern.

[0025] [Fig. 5\(a\)](#) ein Diagramm des Verfahrens, das zum Expressieren der Fenster als dreidimensionale Information benutzt wird, und

[0026] [Fig. 5\(b\)](#) ein Diagramm, das die Änderungen in der dreidimensionalen Fenster-Information zeigt, die auftreten, wenn sich das Fahrzeug bewegt;

[0027] [Fig. 6\(a\)](#) ein Diagramm von Clustern, gesehen von der x-y-Ebene,

[0028] [Fig. 6\(b\)](#) Cluster, gesehen von der x-z-Ebene,

[0029] [Fig. 6\(c\)](#) Clustergruppen, gesehen von der x-y-Ebene und

[0030] [Fig. 6\(d\)](#) Clustergruppen, gesehen von der x-z-Ebene, Erläuterung der Bestimmung von Clustergruppen;

[0031] [Fig. 7\(a\)](#) ein Diagramm eines zuvor aufgenommenen Bilds,

[0032] [Fig. 7\(b\)](#) vorherige Cluster und

[0033] [Fig. 7\(c\)](#) zuvor erkannte körperliche Objekte,

[0034] [Fig. 7\(d\)](#) das gegenwärtig aufgenommene Bild,

[0035] [Fig. 7\(e\)](#) das gegenwärtige Cluster und

[0036] [Fig. 7\(f\)](#) gegenwärtig erkannte körperliche Objekte;

[0037] [Fig. 8](#) ein Diagramm der Erkennung körperlicher Objekte aus verbleibenden Clustern in dem in [Fig. 7](#) gezeigten gegenwärtig aufgenommenen Bild; und

[0038] [Fig. 9](#) eine Tabelle von Clusterkombinationen.

[0039] [Fig. 1](#) ist ein Gesamtdiagramm eines Objekterkennungssystems nach einer Ausführung. Abgesehen von den Sensoren **3** und **3'** können alle Blöcke in [Fig. 1](#) in einer Steuereinrichtung enthalten sein, die eine integrierte Halbleiterschaltung vom Ein-Chip- oder Mehr-Chip-Typ umfasst. Somit zeigt [Fig. 1](#) Funktionsblöcke der Steuereinrichtung. Die jeweiligen Funktionen der Blöcke werden durch Ausführung jeweiliger Programme durchgeführt, die in dem ROM der Steuereinrichtung gespeichert sind.

[0040] [Fig. 2](#) zeigt in einem Diagramm das Abstandsmessprinzip auf der Basis des Triangulationsverfahrens, das in der vorliegenden Ausführung verwendet wird. Zuerst wird ein Abstandsmessverfahren unter Verwendung eines Paares von Bildsensoren anhand von [Fig. 2](#) beschrieben. Ein Linearsensor **21** und eine Linse **23**, die eines der oben erwähnten Bildsensorpaare bilden, sind mit einem bestimmten Abstand, d.h. mit einem Abstand gleich der Basislinienlänge  $B$  in der horizontalen oder vertikalen Richtung von dem Linearsensor **22** und der Linse **24**, die den anderen Bildsensor des Paares bilden, installiert. Die Linearsensoren **21** und **22** sind ty-

pischerweise eindimensionale CCDs, können jedoch auch linear angeordnete Fotosensorreihen sein. Im Hinblick auf den Gebrauch bei Nacht sind Infrarotlicht verwendende Bildsensoren bevorzugt. In diesem Fall ist es bevorzugt, infrarotdurchlässige Filter vor den Linsen **23** und **24** zu installieren und das System so auszustatten, dass ein Objekt **20** durch eine Infrarotlichtquelle mit zeitlich vorbestimmten Intervallen beleuchtet wird. Von dem Objekt **20** reflektiertes Infrarotlicht wird von den Linearsensoren **21** und **22** erfasst.

**[0041]** Die Linearsensoren **21** und **22** sind jeweils an der Brennweite "f" der Linsen **23** und **24** positioniert. Wenn man annimmt, dass ein Bild eines Objekts, das mit einem Abstand "a" vor der Ebene der Linsen **23** und **24** angeordnet ist, im Falle des Linearsensors **21** an einer Position abgebildet wird, die um einen Abstand  $X_1$  von der optischen Achse der Linse **23** verschoben ist, und, im Falle des Linearsensors **22**, an einer Position abgebildet wird, die um einen Abstand  $X_2$  von der optischen Achse der Linse **24** verschoben ist, dann wird, gemäß dem Prinzip der Triangulation der Abstand a zu dem Objekt **20** von der Ebene der Linsen **23** und **24** durch die Gleichung bestimmt:  $a = B \cdot f / (X_1 + X_2)$ .

**[0042]** In der vorliegenden Ausführung werden die Bilder digitalisiert. Entsprechend wird der Abstand ( $X_1 + X_2$ ) digital berechnet. Die Summe der Absolutwerte der Differenzen zwischen den Digitalwerten, die die Helligkeit der entsprechenden Pixel beider Bilder von den Linearsensoren **21** und **22** indizieren, wird bestimmt, während eines oder beide der Bilder verschoben sind, und diese Summe wird als Korrelationswert genommen. Der Verschiebungsbetrag der Bilder, wenn dieser Korrelationswert minimal ist, indiziert die Positionsabweichung zwischen den zwei Bildern, d.h. ( $X_1 + X_2$ ). Idealisiert gesagt, ist der Abstand, um den die von den Linearsensoren **21** und **22** erhaltenen beiden Bilder bewegt werden müssen, damit die zwei Bilder einander überlappen, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, ( $X_1 + X_2$ ).

**[0043]** Der Einfachheit wegen werden hier die Bildsensoren als eindimensionale Linearsensoren **21** und **22** beschrieben. Jedoch werden in einer Ausführung, wie nachfolgend beschrieben, als Bildsensoren zweidimensionale CCDs oder zweidimensionale Fotosensorfelder benutzt. In diesem Fall werden die gleichen Korrelationsberechnungen wie oben beschrieben durchgeführt, indem die von den zwei Bildsensoren erhaltenen zweidimensionalen Bilder relativ verschoben werden. Der Verschiebungsbetrag an der Stelle, an der der Korrelationswert ein Minimum erreicht, entspricht ( $X_1 + X_2$ ).

**[0044]** Der in [Fig. 1](#) gezeigte Bildsensor **3** entspricht einem der in [Fig. 2](#) gezeigten Bildsensoren, bestehend aus der Linse **23** und dem Linearsensor **21**, und der Bildsensor **3'** entspricht dem anderen Bildsensor in [Fig. 2](#), bestehend aus der Linse **24** und dem Linearsensor **22**. In dieser Ausführung ist, wie in [Fig. 3\(b\)](#) gezeigt, die abgebildete Fläche in eine Mehrzahl von Fenstern (kleine Sektionen)  $W_{11}, W_{12}, \dots$  unterteilt, und der Abstand wird für jedes Fenster gemessen. Dementsprechend ist ein zweidimensionales Bild des gesamten Objekts erforderlich. Dementsprechend umfasst jeder Bildsensor **3** und **3'** ein zweidimensionales CCD-Feld oder ein zweidimensionales Fotosensorfeld.

**[0045]** [Fig. 3\(a\)](#) zeigt ein Beispiel des erhaltenen Bilds, wenn ein anderes Fahrzeug, das vor dem das System enthaltenden Fahrzeugs fährt, von einem der Bildsensoren **3** oder **3'** abgebildet wird. [Fig. 3\(b\)](#) zeigt das Bild in [Fig. 3\(a\)](#), schematisch aufgetrennt in eine Mehrzahl kleiner Sektionen, Fenster genannt. [Fig. 3\(b\)](#) besitzt in der vertikalen Richtung aufgereihete Reihen und in der horizontalen Richtung aufgereihete Spalten. Der Einfachheit wegen ist das Bild in 10 Reihen  $\times$  15 Spalten der Fenster unterteilt. Den jeweiligen Fenstern sind Bezugswerte zugeordnet. Beispielsweise bezeichnet  $W_{12}$  das Fenster in Reihe **1**, Spalte **2**.

**[0046]** Zu [Fig. 1](#). Die Bilder der vom Bildsensor **3** und **3'** aufgenommenen Objekte werden durch Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) **4** und **4'** in Digitaldaten gewandelt und in Bildspeichern **5** und **5'** gespeichert. Die Bildabschnitte entsprechend dem Fenster  $W_{11}$  werden jeweils aus den Bildspeichern **5** und **5'** durch ein Fensterausschnittsteil **9** ausgeschnitten und zu einem Korrelationsberechnungsteil **6** gesendet. Das Korrelationsberechnungsteil verschiebt die zwei Ausschnittsbilder gleichzeitig um eine spezifische Einheit und führt die oben erwähnten Korrelationsberechnungen durch. Der Verschiebungsbetrag an dem Punkt, an dem der Korrelationswert ein Minimum erreicht, entspricht ( $X_1 + X_2$ ). Das Korrelationsberechnungsteil **6** sendet den somit ermittelten Wert von ( $X_1 + X_2$ ) zu einem Abstandsberechnungsteil **7**.

**[0047]** Das Abstandsberechnungsteil **7** bestimmt den Abstand  $a_{11}$  zu dem Objekt in dem Fenster  $W_{11}$  durch die oben erwähnte Formel:  $a = B \cdot f / (X_1 + X_2)$ . Der somit ermittelte Abstand  $a_{11}$  wird in einem Abstandsspeicher **8** gespeichert. Ein ähnlicher Berechnungsprozess erfolgt nacheinander für die jeweiligen Fenster, und die erhaltenen Abstände  $a_{11}, a_{12}, \dots$  werden in dem Abstandsspeicher **8** gespeichert. Der für jedes Fenster berechnete Abstand zu einem aufgenommenen Objekt bezieht sich auf den gemessenen Abstand des Fensters.

**[0048]** In den bei den oben erwähnten Korrelationsberechnungen benutzten Bilddaten bestimmt die Teilung bzw. der Abstand der Elemente in dem Abbildungselementenfeld die Auflösung. Wenn daher ein Lichttempfangselement, wie etwa ein Fotosensorfeld, mit relativ großer Teilung benutzt wird, ist es bevorzugt, die Dichte der Bilddaten rechnerisch durch Zwischenteilungs-Interpolation zu verbessern. Korrelationsberechnungen können für jene Bilddaten erfolgen, deren Dichte somit verbessert worden ist.

**[0049]** Um Korrekturen für Schwankungen in den Charakteristiken des abbildenden Elementenfelds nach der Temperatur durchzuführen, kann ein Temperatursensor in der Nähe des abbildenden Elementenfelds installiert sein, und die Abstandsberechnungen können auf der Basis der Temperaturinformation von dem Temperatursensor korrigiert werden.

**[0050]** Nun wird das Verfahren zum Clustern von Fenstern auf der Basis der wie oben berechneten gemessenen Abstände beschrieben. Das Clusterbildungsteil **33** clustert Fenster auf der Basis der gemessenen Abstände der jeweiligen Fenster. Anfänglich vergleicht das Kennungszuordnungsteil **34** in dem Clusterteil **33** die gemessenen Abstände benachbarter Fenster, und wenn diese gemessenen Abstände im Wesentlichen gleich sind, ordnet das Kennungszuordnungsteil **34** diesen benachbarten Fenstern die gleiche Kennung zu. Das Kennungszuordnungsteil **34** ordnet allen Fenstern, die gemessene Abstände haben, Kennungen zu, und Fenster, die gemeinsam die gleichen Kennungen haben, bilden ein einzelnes Cluster. Die gemessenen Abstände benachbarter Fenster werden verglichen, weil die körperlichen Objekte verschiedene Objekte sein können, auch wenn die gemessenen Abstände gleich sind, falls die geprüften Fenster getrennt und voneinander entfernt sind.

**[0051]** Als Beispiel werden Fenster beschrieben, in denen ein Bild der Zeichen "60" auf der Straßenoberfläche so aufgenommen wird, wie in **Fig. 3(b)** gezeigt. Ein Bild der Zeichen "60" wird in einer Fläche (d.h. der in **Fig. 3(b)** schraffierten Fläche) aufgenommen, die von den Fenstern  $W_{75}$ ,  $W_{7B}$ ,  $W_{A5}$  und  $W_{AB}$  umgeben ist. Beispiele der Abstände, die für die jeweiligen in dieser Fläche enthaltenen Fenster gemessen werden, sind in **Fig. 4(a)** gezeigt. Die Einheiten der Zahlen sind Meter. Hier sind Fenster, für die kein gemessener Abstand indiziert wird, solche Fenster, für die der Abstand wegen mangelndem Kontrast nicht berechnet werden konnte. In **Fig. 4(a)** werden die gemessenen Abstände benachbarter Fenster verglichen, und wenn der Abstand in den gemessenen Abständen innerhalb eines spezifischen Bereichs liegt (z.B. eine Differenz gemessener Abstände von 0,5 Metern oder weniger, kann als in diesem spezifischen Bereich liegend betrachtet werden), dann wird die gleiche Kennung den zwei benachbarten Fenstern zugeordnet. Dieser Prozess wird für alle Fenster durchgeführt, die gemessene Abstände haben.

**[0052]** Beispielsweise beträgt die Differenz zwischen dem gemessenen Abstand 5,8m des Fensters  $W_{76}$  und dem gemessenen Abstand 6,0m des Fensters  $W_{77}$  0,2m. Demzufolge wird die Kennung "1" dem jeweiligen Fenster zugeordnet. Wenn ein ähnlicher Prozess für benachbarte Fenster an dem linken Abschnitt des Bilds durchgeführt wird, wird eine Kennung "1" jedem der Fenster in dem linken Abschnitt von **Fig. 4(b)** zugeordnet. In dem rechten Abschnitt des in **Fig. 4(a)** gezeigten Bilds beträgt die Differenz zwischen dem gemessenen Abstand 5,5m des Fensters  $W_{89}$  und dem gemessenen Abstand 5,6m des Fensters  $W_{8A}$  (z.B. 0,1 m). Demzufolge wird die Kennung "2" den jeweiligen Fenstern zugeordnet. Hier ist weder das Fenster  $W_{89}$  noch das Fenster  $W_{8A}$  einem Fenster benachbart, dem die Kennung "1" zugeordnet wurde. Demzufolge werden verschiedene Kennungen zugeordnet. Die Kennungen brauchen keine Nummern haben. Verwendbar sind jegliche Symbole, die unterscheidbar sind, wie etwa alphabetische Buchstaben.

**[0053]** Wenn auf diese Weise den jeweiligen Fenstern, die gemessene Abstandswerte haben, Kennungen zugeordnet sind, werden eine Fläche **51**, die durch die Kennung "1" vereinigt ist, und eine Fläche **52**, die durch die Kennung "2" vereinigt ist, so bestimmt, wie in **Fig. 4(b)** gezeigt. Diese vereinigten Flächen werden "Cluster" genannt.

#### Dreidimensionale Daten

**[0054]** Zu **Fig. 1**. Der Dreidimensions-Wandler **35** erzeugt dreidimensionale Daten der Cluster. Wie in **Fig. 5** gezeigt, enthält die dreidimensionale Information in der vorliegenden Ausführung drei Koordinaten, d.h. horizontale Position (x), vertikale Position (y) und Straßenoberflächenabstand (z). Die "x"-Koordinate, die die horizontale Position ausdrückt, entspricht der Richtung, in der die Spalten der Fenster aufgereiht sind (siehe **Fig. 3(b)**). Die "y"-Koordinate, die die vertikale Position ausdrückt, entspricht der Höhenrichtung von der Straßenoberfläche. Die "z"-Koordinate, die den Abstand der Straßenoberfläche angibt, entspricht der Richtung, in der die Reihen der Fenster aufgereiht sind (siehe **Fig. 3(b)**). Die "z"-Koordinate ist proportional zum gemessenen Abstand "d".

**[0055]** Der Ursprung O bezeichnet den Punkt der Straßenoberfläche, an dem sich das Fahrzeug befindet. Die "x"-, "y"- und "z"-Achsen schneiden einander rechtwinklig am Ursprung O. Die "x"-Achse erstreckt sich von links nach rechts, gesehen vom Fahrzeug aus. Die "y"-Achse erstreckt sich in Richtung orthogonal zur Straßenfläche und die "z"-Achse in der Fortbewegungsrichtung des Fahrzeugs. Die Bildkamera **53** befindet sich an der Höhe "H" in Richtung der "y"-Achse von dem Ursprung O ausgehend. Das körperliche Objekt **54** hat eine Höhe "h" und eine Breite "g" und befindet sich mit einem Abstand "i" in Richtung der "z"-Achse.

**[0056]** Wenn das körperliche Objekt **54** nicht vorhanden ist, dann ist der Punkt **55** auf der Straßenfläche in dem von der Bildkamera **53** aufgenommenen Bild enthalten. Wenn das körperliche Objekt **54** auf der Straße vorhanden ist, dann enthält das Fenster, das das Bild vom Punkt **55** enthalten würde, einen Punkt **56** des körperlichen Objekts anstelle des Bilds vom Punkt **55** der Straßenoberfläche. Der geschätzte Abstand "D" ist der Abstand zwischen der Bildkamera **53** und dem Punkt **55** auf der Straßenfläche. Wenn kein körperliches Objekt **54** vorhanden ist, ist dieser geschätzte Abstand "D" gleich dem gemessenen Abstand zum aufgenommenen Punkt **55**. In [Fig. 5](#) ist der gemessene Abstand "d" der Abstand von der Bildkamera **53** zu Punkt **56** des körperlichen Objekts **54**, der durch das oben anhand von [Fig. 2](#) beschriebene Verfahren berechnet ist. In dem (x,y,z-)Koordinatensystem ist die Position der Bildkamera **53** (O,H,O) und die Position von Punkt **56** ist (g,h,i).

**[0057]** Da der geschätzte Abstand "D" für jedes Fenster und die Höhe "H" der Bildkamera von der geschätzten Straßenoberfläche Festwerte sind, können sie vorab berechnet und gespeichert werden. Wie aus [Fig. 5](#) ersichtlich, kann die Höhe "h" des Objekts aus der folgenden Gleichung (1) bestimmt werden, und der Abstand "i" zu dem Objekt **54** kann aus der folgenden Gleichung (2) bestimmt werden.

$$h = (D - d) \times H/D \quad (1)$$

$$i = \sqrt{d^2 - (H - h)^2} \quad (2)$$

**[0058]** Der horizontale Abstand von dem Fahrzeug, d.i. der Abstand in der "x"-Achse in [Fig. 5](#), wird vorab für jede Spalte von Fenstern auf der Basis der Position der Bildkamera bestimmt. Beispielsweise bezeichnet die dritte Spalte der Fenster Positionen von 1 Meter links von der Mitte des Fahrzeugs. Dementsprechend kann der Wert der "x"-Koordinate von Punkt **56** (im vorliegenden Beispiel ist dies g und ist gleich dem Wert der Breite des Bildobjekts) auf der Basis der Position desjenigen Fensters bestimmt werden, das Punkt **56** enthält. Somit können die jeweiligen Fenster, die die Cluster bilden, als x,y,z-Koordinaten ausgedrückt werden. In einer anderen Ausführung wäre es auch möglich, beispielsweise den gemessenen Abstand "d" anstatt der "z"-Koordinate, die den Straßenflächenabstand anzeigt, zu benutzen, und die Fenster könnten auch durch ein anderes Koordinatensystem als dem oben beschriebenen Koordinatensystem ausgedrückt werden.

**[0059]** Somit repräsentiert der Dreidimensions-Wandler **35** die Clusterdreidimensional und projiziert das Bild in drei Dimensionen. Bevorzugt kann ein minimales rechtwinkliges Parallelepiped, das alle Punkte eines dreidimensional projizierten gegebenen Clusters enthält, bestimmt werden, und das Cluster kann durch dieses rechtwinklige Parallelepiped angenähert werden. Auf diese Weise können die Mittelposition, die Breite und Höhe des Objekts bestimmt und genau erkannt werden.

**[0060]** Wenn das oben erwähnte x,y,z-Koordinatensystem benutzt wird, ist die Breite jedes Clusters, angenähert durch ein rechtwinkliges Parallelepiped, der Wert, der erhalten ist durch Subtrahieren des minimalen "x"-Koordinatenwerts von dem maximalen "x"-Koordinatenwert der aufgenommenen Punkte, und die Dicke des Clusters ist der Wert, der erhalten ist durch Subtrahieren des minimalen "y"-Koordinatenwerts von dem maximalen "y"-Koordinatenwert der aufgenommenen Punkte. Ferner wird die Mittelposition jedes Clusters ausgedrückt als Wert, der erhalten ist durch Subtrahieren des minimalen Werts vom maximalen Wert für jede der x-, y- und z-Koordinaten, und Halbieren des Ergebnisses. Der Abstand der Mittelposition, der horizontalen Position und der vertikalen Position und die Clusterhöhe und -breite (Cluster-Attribute) jedes somit berechneten Clusters werden in dem Clusterspeicher **48** gespeichert.

**[0061]** [Fig. 5\(b\)](#) zeigt einen Fall, in dem sich ein Fahrzeug am Ursprung O befindet, und [Fig. 5\(a\)](#) dessen Bewegung zu dem körperlichen Objekt **54** hin (der verschobene Ursprung wird als Ursprung O' bezeichnet), so dass der relative Abstand des Fahrzeugs zu dem körperlichen Objekt **54** um einen Abstand r verkürzt ist. Wie in [Fig. 5\(a\)](#) gezeigt, wird die Position von Punkt **56**, der ein Teil des körperlichen Objekts **54** ist, unter Verwendung von Koordinaten spezifiziert. Wenn man annimmt, dass die Horizontalposition des körperlichen Objekts sich nicht ändert, dann ändert sich nur die z-Koordinate, weil die Vertikalposition des körperlichen Objekts sich nicht ändert (die Höhen der körperlichen Objekte sind unveränderlich). Demzufolge wird die Position von Punkt **56** ausgedrückt als (g, h, i - r).

## Clustergruppe

**[0062]** Zurück zu [Fig. 1](#). Das Clustergruppierungsteil **36** holt Cluster aus dem Clusterspeicher **48** und bestimmt Clustergruppen auf der Basis der Clusterattribute. Ein "Prozess zu Ende"-Flag wird für das Cluster gesetzt, das somit bearbeitet wurde. Zuerst ist bei keinem der Cluster ein "Prozess zu Ende"-Flag gesetzt. Demzufolge werden alle Cluster geholt und bearbeitet.

**[0063]** In der vorliegenden Ausführung vergleicht das Clustergruppierungsteil **36** die Abstände zwischen einem gegebenen Cluster und anderen Clustern sowie die Differenzen der horizontalen Positionen und der vertikalen Positionen der Cluster. Wenn die Differenzen alle gleich oder kleiner als bestimmte Schwellenwerte sind, kombiniert das Clustergruppierungsteil **36** diese Cluster zu einer Clustergruppe. Dieser Prozess wird für alle geholten Cluster durchgeführt. Wenn mehrere Cluster eng beieinander angeordnet sind, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sie zum selben Objekt gehören.

**[0064]** Bevorzugt werden entsprechend dem Abstand von dem Fahrzeug verschiedene Schwellenwerte benutzt. In der vorliegenden Ausführung werden Schwellenwerte entsprechend dem Abstand der zwei Cluster gesetzt, deren Positions- und Abstandsdifferenzen bestimmt werden sollen. Der Abstand der zwei Cluster wird auf der Basis der Anzahl der Fenster, die in den jeweiligen Clustern enthalten sind, und der gemessenen Abstände dieser Fenster berechnet. Wenn man beispielsweise annimmt, dass das Bild zwei Cluster C1 und C2 enthält, sind die jeweiligen Abstände der Cluster C1 und C2 vom Fahrzeug  $d_1$  und  $d_2$ , und die Anzahl der Fenster, die in den Clustern C1 und C2 enthalten sind, ist  $w_1$  bzw.  $w_2$ . Der Abstand der zwei Cluster von dem Fahrzeug kann durch folgende Gleichung (3) berechnet werden. Hier werden Werte, die durch Mittelwertbildung der gemessenen Abstände der in den jeweiligen Clustern enthaltenen Fenster erhalten wurden, als die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  der Cluster benutzt.

$$\text{Abstand zweier Cluster} = (d_1 \times w_1 + d_2 \times w_2)/(w_1 + w_2) \quad (3)$$

**[0065]** In einer anderen Ausführung wäre es auch möglich, einfach den Wert, der durch Mittelwertbildung der Abstände  $d_1$  und  $d_2$  der jeweiligen Cluster erhalten ist, als den Abstand der zwei Cluster zu nehmen, anstatt auf der Basis der Anzahl der Fenster in den Clustern wie in Gleichung (3) einen gewichteten Mittelwert zu berechnen. Es wäre auch möglich, den Wert, der durch Mittelwertbildung der Abstände an den jeweiligen Mittelpositionen der Cluster C1 und C2 erhalten wird, als den Abstand der zwei Cluster zu nehmen. Da der gemessene Abstand und der Straßenflächenabstand des abgebildeten Objekts in dem durch die z-Koordinate bezeichneten Fenster proportional sind, wäre es auch möglich, Straßenflächen-Abstände zu verwenden.

**[0066]** Die Differenzen  $dx$  und  $dy$  in den horizontalen Positionen und vertikalen Positionen der zwei Cluster werden als Abstand der zwei Cluster ausgedrückt, und die Abstandsdifferenz  $dz$  wird als die Differenz in den Abständen der jeweiligen Cluster ( $d_1$  und  $d_2$  in der obigen Beschreibung] ausgedrückt. Beispielsweise zeigt **Fig. 6(a)** eine Mehrzahl von Clustern, gesehen von der x-y-Ebene her, und **Fig. 6(b)** zeigt dieselben Cluster wie in **Fig. 6(a)**, gesehen von der x-z-Ebene her. Die Differenz in den horizontalen Positionen der Cluster C4 und C6 wird durch  $dx$  in der Richtung der "x"-Achse ausgedrückt, und die Differenz in den vertikalen Positionen wird durch  $dy$  in der Richtung der "y"-Achse ausgedrückt. Wenn die Abstände der Cluster C4 und C6 von dem Fahrzeug jeweils  $d_4$  und  $d_6$  sind, dann wird die Abstandsdifferenz durch  $dz$  in Richtung der z-Achse ausgedrückt.

**[0067]** Auf der Basis des Abstands der zwei Cluster von dem Fahrzeug, berechnet mittels der obigen Gleichung (3), kann der Schwellenwert relativ zur Abstandsdifferenz zwischen den Clustern beispielsweise so gesetzt werden; wie in der folgenden Tabelle 1 gezeigt, und für die Differenzen in den horizontalen Positionen und den vertikalen Positionen der zwei Cluster, wie in der folgenden Tabelle 2 gezeigt.

Tabelle 1

Abstand zweier Cluster (Meter)	Schwellenwert der Differenz im Abstand dz (Meter)
0 ~ 14,9	3,0
15,9 ~ 29,9	5,0
30,0 ~	8,0

Tabelle 2

Abstand zweier Cluster (Meter)	Schwellenwert der Differenzen in der horizontalen/vertikalen Position (dx und dy) (Meter)
0 ~ 5,9	1,0
6 ~	0,6

**[0068]** Es werden größere Schwellenwerte verwendet, wenn der Abstand von dem Fahrzeug größer wird, weil die Toleranz im gemessenen Abstand größer ist, wenn das Objekt weiter vom Fahrzeug entfernt ist. Es wird ein größerer Schwellenwert für die Differenzen in den horizontalen und vertikalen Positionen verwendet, wenn der Abstand zwischen den zwei Clustern kleiner wird, wie in Tabelle 2 gezeigt. Wenn nämlich z.B. ein körperliches Objekt mit geringem Abstand vor dem das System tragenden Fahrzeug angeordnet ist, kann der Kontrast des aufgenommenen Bilds zu gering sein, um den Abstand von dem Fahrzeug in Bezug auf jedes Fenster zu berechnen, was einen Ausfall einer Anzahl von Fenstern zur Folge hat, was wiederum einen größeren Abstand zwischen den Clustern erzeugt.

**[0069]** Nun zu den **Fig. 6(a)** und **6(b)**. Das Clustergruppierungsteil **36** wählt zwei Cluster aus den Clustern C1 bis C6, berechnet die Abstandsdifferenz von dem Fahrzeug, der horizontalen Positionen und vertikalen Positionen und bewertet, ob die zwei Cluster in ein und derselben Clustergruppe enthalten sein sollten oder nicht. Beispielsweise im Falle der Cluster C1 und C2 sind die Abstandsdifferenzen von dem Fahrzeug und der Positionen gleich oder kleiner als die jeweiligen Schwellenwerte, so dass die Cluster C1 und C2 in derselben Clustergruppe enthalten sind. Im Falle der Cluster C2 und C4 sind Abstandsdifferenzen vom Fahrzeug und den Positionen ebenfalls gleich oder kleiner als die der jeweiligen Schwellenwerte. Daher sind auch die Cluster C2 und C4 in derselben Clustergruppe enthalten. Im Ergebnis wird bestimmt, dass die Cluster C1, C2 und C4 in derselben Clustergruppe G1 enthalten sind.

**[0070]** Andererseits sind im Falle der Cluster C6 und C5 die Differenzen in den horizontalen und vertikalen Positionen gleich oder kleiner als der Schwellenwert, wobei aber die Abstandsdifferenz von dem Fahrzeug den Schwellenwert überschreitet. Demzufolge wird bestimmt, dass diese Cluster zu verschiedenen Clustergruppen gehören. Daher bestimmt das Clustergruppierungsteil **36** zwei Clustergruppen G1 und G2, wie in den **Fig. 6(c)** und **6(d)** gezeigt. Das Clustergruppierungsteil **36** ordnet dieselben Clusterkennungen solchen Clustern zu, die zu denselben Clustergruppen gehören.

## Inferierung eines körperlichen Objekts

**[0071]** Zu [Fig. 1](#). Ein körperliches-Objekt-Inferierteil **40** inferiert (folgert) die Positionen körperlicher Objekte in dem gegenwärtig erhaltenen Bild auf der Basis der Position zuvor erkannter körperlicher Objekte und der Relativgeschwindigkeit in Bezug auf die körperlichen Objekte. Das in dieser Ausführung benutzte Schema zum Inferieren körperlicher Objekte wird anhand von [Fig. 7](#) beschrieben. **Fig. 7(a)** bis **7(c)** zeigen einen vorherigen Prozess, und die **Fig. 7(d)** und **7(f)** zeigen den gegenwärtigen Prozess. In **Fig. 7(a)** werden zwei Fahrzeuge **91** und **92** aufgenommen, während in **Fig. 7(d)** dieselben Fahrzeuge **91** und **92** wie in **Fig. 7(a)** sowie ein Verkehrszeichen **93** aufgenommen werden.

**[0072]** **Fig. 7(b)** zeigt Cluster C11 bis C17, die von dem Clusterbildungsteil **33** bestimmt sind und von dem Clustergruppierungsteil **36** auf der Basis des in **Fig. 7(a)** gezeigten aufgenommenen Bilds in Clustergruppen **63** und **64** gruppiert sind. **Fig. 7(c)** zeigt körperliche Objekte **65** und **66**, die aus den Clustergruppen **63** und **64** erkannt wurden, entsprechend dem Fahrzeug **91** bzw. dem Fahrzeug **92**. Die Positionen und Größen der körperlichen Objekte **65** und **66** wurden im vorherigen Prozess in einem körperliches-Objekt-Speicher **39** gespeichert.

**[0073]** Das körperliches-Objekt-Inferierteil **40** liest die Positionen und Relativgeschwindigkeiten der zuvor erkannten körperlichen Objekte **65** und **66** aus dem körperliches-Objekt-Speicher **39** aus und berechnet die gegenwärtigen Positionen der körperlichen Objekte **65** und **66**. Diese Berechnung kann mittels folgender Formel erfolgen:

(vorherige Position des körperlichen Objekts + Relativgeschwindigkeit × Erfassungszeitintervall).

**[0074]** In diesem Beispiel wird angenommen, dass die Relativgeschwindigkeit in Bezug auf das körperliche Objekt **65** null ist, wird angenommen, dass die Relativgeschwindigkeit in Bezug auf das körperliche Objekt **66** 10 Kilometer pro Stunde beträgt (wenn in diesem Beispiel die Geschwindigkeit des das System tragenden Fahrzeugs größer als die Geschwindigkeit eines körperlichen Objekts ist, wird die Relativgeschwindigkeit als "minus" ausgedrückt), und wird angenommen, dass das Erfassungszeitintervall **100** Millisekunden beträgt. Der relative Abstand zu dem körperlichen Objekt **65** ist zwischen der vorherigen Erfassung und der gegenwärtigen Erfassung unverändert, und der relative Abstand zum körperlichen Objekt **66** ist um 0,3 Meter verkürzt.

**[0075]** Wenn man annimmt, dass die vorherige Position des körperlichen Objekts **65** als Mittelkoordinaten  $(x_1, y_1, z_1)$  ausgedrückt ist und die Position des körperlichen Objekts **66**  $(x_2, y_2, z_2)$  ist, wobei die Position des das System tragenden Fahrzeugs der Ursprung ist und die jeweiligen Koordinatenwerte in Metern ausgedrückt sind, kann die gegenwärtige Position des körperlichen Objekts **65** als  $(x_1, y_1, z_1)$  geschätzt werden und die gegenwärtige Position des körperlichen Objekts **66** kann als  $(x_2, y_2, z_2 - 0,3)$  geschätzt werden. Hier wird angenommen, dass die geschätzten körperlichen Objekte die gleichen Horizontalpositionen wie in der vorigen Erfassung haben. Bei dem verwendeten Koordinatensystem und Ursprung kann die Relativgeschwindigkeit, falls die Geschwindigkeit des das System tragenden Fahrzeugs größer oder kleiner ist, relativ zum körperlichen Objekt ausgedrückt werden als "positiv" oder "negativ". Die Positionen der körperlichen Objekte können auch durch ein anderes System als das oben beschriebene berechnet werden.

**[0076]** Das körperliches-Objekt-Inferierteil **40** kann die Breite und Höhe der körperlichen Objekte **65** und **66** aus dem körperliches-Objekt-Speicher **39** auslesen und die körperlichen Objekte **65** und **66** dreidimensional in ihren jeweiligen gegenwärtigen Positionen  $(x_1, y_1, z_1)$  und  $(x_2, y_2, z_2 - 0,3)$  rekonstruieren. Die Positionen der Cluster in den Bildern der inferierten körperlichen Objekte können bestimmt werden. **Fig. 7(e)** zeigt körperliche Objekte **75** und **76**, die wie oben beschrieben durch Inferieren der körperlichen Objekte **65** und **66** erhalten sind.

**[0077]** Das körperliches-Objekt-Inferierteil **40** speichert die Attribute (die körperlichen Objekte betreffende Information, wie etwa Abstände, Horizontalpositionen, Vertikalpositionen, Breiten, Höhen etc.) der inferierten körperlichen Objekte (nachfolgend als "inferierte körperliche Objekte" bezeichnet) **75** und **76** in dem inferiertes-Objekt-Speicher **49**. Ferner kann der von dem körperliches-Objekt-Inferierteil **49** durchgeführte Prozess parallel zu dem Prozess durchgeführt werden, der von dem Clusterbildungsteil **33** und dem Clustergruppierungsteil **36** durchgeführt wird.

**[0078]** Da sich die Relativgeschwindigkeit häufig über die Zeit ändert, können die Positionen geschätzter körperlicher Objekte als Bereiche spezifiziert werden. Anstatt die Position eines geschätzten körperlichen Objekts, die bei einer bestimmten Relativgeschwindigkeit berechnet wurde, als Einzelpunkt gemäß  $(x, y, z)$  zu spezifizie-

ren, wäre es auch möglich, diese Position als Bereich zu spezifizieren, gemäß  $(x - 1, y - 1, z - 1) \sim (x + 1, y + 1, z + 1)$ . Anstatt die Position durch einen Relativabstand, der bei einer bestimmten Relativgeschwindigkeit von  $s$  Kilometer/Stunde berechnet wurde, zu spezifizieren, wäre es ferner auch möglich, die Position durch einen Bereich von Relativabständen zu spezifizieren, die bei Relativgeschwindigkeiten von  $(x - 5) \sim (s + 5)$  Kilometer pro Stunde berechnet wurden. Durch diese Spezifizierung der Positionen körperlicher Objekte als Bereiche ist es auch möglich, die Positionen körperlicher Objekte auch in solchen Fällen genauer zu schätzen, in denen sich die Relativgeschwindigkeit um ein gewisses Ausmaß ändert.

#### Clusterauswahl

**[0079]** Nun zu [Fig. 1](#). Das Clusterwählteil **41** wählt die Clustergruppe, die ein Cluster enthält, das den kürzesten Abstand von dem Fahrzeug hat. Ein inferiertes körperliches Objekt, das einen Abstand von dem Fahrzeug hat, dessen Differenz von dem Cluster in der gewählten Clustergruppe innerhalb des Schwellenwerts liegt, und das in den horizontalen und vertikalen Positionen mit der gewählten Clustergruppe überlappt, wird aus den in dem Speicher **49** gespeicherten inferierten körperlichen Objekten gewählt. Das Clusterwählteil **41** wählt alle Cluster aus der gewählten Clustergruppe, die mit dem gewählten inferierten körperlichen Objekt überlappt.

**[0080]** Falls keines der Cluster der gewählten Clustergruppe die Abstandsdifferenzbedingungen erfüllt oder falls keine Cluster Überlappungen mit den in dem Speicher **49** gespeicherten inferierten Objekten haben, werden hier alle Cluster, die in der gewählten Clustergruppe enthalten sind, zu einem Kandidaten-Erzeugungsteil **42** überführt. Inferierte körperliche Objekte, die keine Entsprechung mit den gegenwärtigen Clustern haben, können aus dem Speicher **49** gelöscht werden, weil diese körperlichen Objekte nicht länger in dem aufgenommenen Bild erscheinen. Der Prozess beginnt von den Clustergruppen und den inferierten körperlichen Objekten, deren Abstand von dem Fahrzeug am kürzesten ist, weil körperliche Objekte nahe dem Fahrzeug mit der höchsten Priorität erkannt werden müssen.

**[0081]** Im Hinblick auf jeweilige Abstände der Cluster und der inferierten körperlichen Objekte von dem Fahrzeug können die Abstände an jeweiligen Mittelpositionen dieser Cluster und inferierten körperlichen Objekten benutzt werden. Alternativ können Werte, erhalten durch Mittelwertbildung der gemessenen Abstände von clusterbildenden Fenstern, als die jeweiligen Abstände der jeweiligen Cluster benutzt werden. Die in der obigen Tabelle 1 gezeigten Werte können als die Schwellenwerte für die Abstandsdifferenz benutzt werden, oder es können andere Schwellenwerte benutzt werden. Die Überlappungsbewertung kann leicht durchgeführt werden, indem man die Cluster und die zu vergleichenden inferierten körperlichen Objekte auf die x-y-Ebene projiziert, um hierdurch die Überlappung in den horizontalen und vertikalen Positionen zu bestimmen. In den inferierten körperlichen Objekten braucht kein vollständiges Cluster enthalten sein.

**[0082]** In dem in [Fig. 7](#) gezeigten Beispiel wird angenommen, dass die Fahrzeuge **91** und **92** und ein Verkehrszeichen **93**, wie in [Fig. 7\(d\)](#) gezeigt, tatsächlich im Wesentlichen den gleichen Abstand von dem Fahrzeug haben. [Fig. 7\(e\)](#) zeigt die Cluster C21 bis C31 gemäß Bestimmung durch das Clusterbildungsteil **33** auf der Basis des in [Fig. 7\(d\)](#) aufgenommenen Bilds. Eine einzelne Clustergruppe **72**, die die Cluster C21 bis C31 aufweist, wird durch das Clusterbildungsteil **36** bestimmt.

**[0083]** Das Clusterwählteil **41** wählt Clustergruppen, die nächst dem Fahrzeug befindliche Cluster enthalten. Da in diesem Beispiel nur eine einzelne Clustergruppe vorhanden ist, wird die Clustergruppe **72** gewählt. Dann werden die Abstände und Positionen der die Clustergruppe **72** bildenden Cluster aus dem Clusterspeicher **48** gelesen. Die Abstände und Positionen der inferierten körperlichen Objekte **75** und **76** werden aus dem inferierten körperlichen Objekt-Speicher **49** gelesen. Es sind zwei inferierte körperliche Objekte vorhanden (das sind die inferierten körperlichen Objekte **75** und **76**), die eine Überlappung in den horizontalen und vertikalen Positionen zeigen und einen Abstand von dem Fahrzeug haben, dessen Differenz von den Clustern der Clustergruppe **72** kleiner ist als der Schwellenwert. Wenn man annimmt, dass das inferierte körperliche Objekt **75** dem Fahrzeug näher ist als das inferierte körperliche Objekt **76**, wird das inferierte körperliche Objekt **75** gewählt. Dann werden unter den Clustern der Clustergruppe **72** die Cluster C22 bis C26 gewählt, die mit dem inferierten körperlichen Objekt **75** überlappen. Somit werden die den inferierten körperlichen Objekten entsprechenden Cluster als eine Gruppe gewählt.

#### Kombinierte Cluster

**[0084]** Das Kandidaten-Erzeugungsteil **42** prüft alle möglichen Kombinationen der von dem Clusterwählteil **41** gewählten Cluster und bestimmt eine Kombination von Clustern als Kandidaten für ein körperliches Objekt. Die Kombinationen können eine Kombination mit einem einzelnen Cluster enthalten. [Fig. 9](#) zeigt in einer Ta-

belle alle möglichen Kombinationen der Cluster C22 bis C26, die für das inferierte körperliche Objekt **75** in **Fig. 7(e)** gewählt sind. Beispielsweise wird im kombinierten Cluster Nr. **10** in **Fig. 9** eine Kombination der Cluster C23 und C24 angezeigt. Hier ist es bevorzugt, dass das minimale rechtwinklige Parallelepipid, das alle kombinierte Cluster bildenden Cluster enthält, bestimmt wird, und dass das kombinierte Cluster durch dieses rechtwinklige Parallelepipid angenähert wird. Auf diese Weise können die Attribute kombinierter Cluster (Abstand, Position, Größe etc.) leicht bestimmt werden.

**[0085]** Nachdem die kombinierten Cluster, welche Kandidaten für ein körperliches Objekt darstellen, durch das Kandidaten-Erzeugungsteil **42** erzeugt wurden, geht der Prozess zu einem ersten Erkennungsteil **43** weiter, wenn kombinierte Cluster ein entsprechendes inferiertes körperliches Objekt haben, und der Prozess geht zu einem zweiten Erkennungsteil **44** weiter, wenn kombinierte Cluster kein entsprechendes inferiertes körperliches Objekt haben.

#### Objekterkennung

**[0086]** Das erste Erkennungsteil **43** vergleicht nacheinander die Attribute der kombinierten Cluster, die entsprechende inferierte körperliche Objekte haben, mit den Attributen der inferierten körperlichen Objekte. Das Erkennungsteil **43** erkennt die kombinierten Cluster, die den Attributen der inferierten körperlichen Objekte nächstliegende Attribute haben, als körperliche Objekte. Hier sind die benutzten Attribute Abstand, Horizontalposition, Vertikalposition, Breite und Höhe, und der Vergleich der Attribute erfolgt mittels der folgenden Gleichung (4). Die Bedeutungen der Variablen in Gleichung (4) sind in Tabelle 3 gezeigt.

$$E1 = \sqrt{(X_c - X_t)^2 + (Y_c - Y_t)^2 + (Z_c - Z_t)^2} / C \cdot Z_t + |W_c - W_t| + |H_c - H_t| \quad (4)$$

Tabelle 3

E1	Funktioneller Wert, der die Differenz der Attribute zwischen kombinierten Clustern und einem inferierten körperlichen Objekt ausdrückt
Xc	x-Koordinate der horizontalen Mittelposition kombinierter Cluster
Yc	y-Koordinate der vertikalen Mittelposition kombinierter Cluster
Zc	z-Koordinate, die den Abstand kombinierter Cluster angibt
Wc	Breite kombinierter Cluster

Hc	Höhe kombinierter Cluster
Xt	x-Koordinate der horizontalen Mittelposition eines inferierten körperlichen Objekts
Yt	y-Koordinate der vertikalen Mittelposition eines inferierten körperlichen Objekts
Zt	z-Koordinate, die den Abstand von einem inferierten körperlichen Objekt angibt
Wt	Breite eines inferierten körperlichen Objekts
Ht	Höhe eines inferierten körperlichen Objekts
C	Konstante

**[0087]** Gleichung (4) drückt die Differenzen zwischen kombinierten Clustern und einem inferierten körperlichen Objekt als Funktion der Differenz der Mittelposition kombinierter Cluster und eines inferierten körperlichen Objekts und als Differenz der Breite und Höhe kombinierter Cluster und eines inferierten körperlichen Objekts aus. Der Abstand (Z-Wert) hat eine Toleranz entsprechend dem Abstandswert und wird um einen Wert proportional zum Abstand  $Z_t$  des inferierten körperlichen Objekts korrigiert.

**[0088]** In dem in [Fig. 9](#) gezeigten Beispiel werden funktionelle Werte  $E_1$  ( $e_{01}$ ,  $e_{02}$ , ...  $e_{31}$ ) für alle kombinierten Cluster **1** bis **31** entsprechend dem inferierten körperlichen Objekt **75** berechnet. Ein verknüpftes Cluster **31** mit dem kleinsten funktionellen Wert  $E_1$  wird als das körperliche Objekt **78** erkannt ([Fig. 6\(f\)](#)). Ein kombiniertes Cluster **31** mit dem kleinsten  $E_1$  passt am besten zu Position und Größe des inferierten körperlichen Objekts **75**. Wenn man beispielsweise annimmt, dass die funktionellen Werte  $E_1$  der kombinierten Cluster **1** bis **31** gemäß [Fig. 9](#) die Beziehung  $e_{01} > e_{02} \dots > e_{07} > e_{06} \dots > e_{17} > e_{16} \dots > e_{26} \dots > e_{31}$  haben ( $e_{XX}$  bezeichnet die durch Gleichung (4) berechneten Werte; einige dieser Werte sind weggelassen), dann wird das aus den Clustern **C22** bis **C26** bestehende kombinierte Cluster **31** entsprechend dem funktionellen Wert  $e_{31}$  als das körperliche Objekt **78** erkannt ([Fig. 71\(f\)](#))).

**[0089]** Als Ergebnis dieses Vergleichs von Attributen wird in Fällen, in denen (zum Beispiel) ein bestimmtes Cluster mit einer Mehrzahl geschätzter körperlicher Objekte überlappt und kleine Abschnitte der inferierten körperlichen Objekte repräsentiert, ein kombiniertes Cluster, das kein solches Cluster enthält, zur Erkennung körperlicher Objekte benutzt. Somit können körperliche Objekte genau erkannt werden.

**[0090]** Die Cluster **C22** bis **C26**, die als ein körperliches Objekt erkannt wurden, und das entsprechende inferierte körperliche Objekt **75** werden in dem Clusterspeicherteil **48** bzw. in dem inferiertes-körperliches-Objekt-Speicherteil **49** gespeichert, wobei "Prozess zu Ende"-Flags gesetzt werden, um anzuzeigen, dass der Erkenntnisprozess für das körperliche Objekt durchgeführt wurde.

**[0091]** Alle vom Clustergruppen-Bestimmungsteil **36**, vom Clusterwählteil **41**, vom körperliches-Objekt-Kandidaten-Extraktionsteil **42** und vom ersten körperliches-Objekt-Erkennungsteil **43** (oder dem zweiten körperliches-Objekt-Erkennungsteil **44**) durchgeführte Prozesse werden wiederholt, bis der Prozess für alle Cluster abgeschlossen ist (in diesem Beispiel, bis die "Prozess zu Ende"-Flags für alle Cluster gesetzt sind). Anders gesagt, das Clustergruppen-Bestimmungsteil **36** prüft die "Prozess zu Ende"-Flags der Cluster, die in dem Clusterspeicherteil **48** gespeichert sind, und wenn keine Cluster existieren, für die die "Prozess zu Ende"-Flags noch gesetzt werden müssen, endet die Wiederholung.

[0092] Alternativ wäre es auch möglich, das System so anzuordnen, dass eine Obergrenze (z.B. 4) vorab als die Anzahl von als körperliche Objekte zu erkennenden Objekten gesetzt wird, und die Wiederholung des Prozesses endet, wenn die Anzahl erkannter körperlicher Objekte diese Zahl erreicht.

[0093] **Fig. 8** zeigt den Prozess, der dem Prozess von **Fig. 7(f)** folgt. Zum leichteren Verständnis werden die als körperliches Objekt erkannten Cluster C22 bis C26 und das entsprechende inferierte körperliche Objekt entfernt. Das Clustergruppen-Bestimmungsteil **36** prüft die "Prozess zu Ende"-Flags der in dem Clusterspeicherteil **48** gespeicherten Cluster und holt die Cluster C21 und C27 bis C31, für die die "Prozess zu Ende"-Flags noch nicht gesetzt wurden. Das Clustergruppen-Bestimmungsteil **36** prüft auch die "Prozess zu Ende"-Flags der inferierten körperlichen Objekte, die in dem inferierteskörperliches-Objekt-Speicherteil **49** gespeichert sind, und holt das inferierte körperliche Objekt **76**, für die ein "Prozess zu Ende"-Flag noch nicht gesetzt wurde.

[0094] Wie aus **Fig. 8(a)** klar zu sehen, überschreiten die Differenzen in den Horizontalpositionen der Cluster C21 und C27 bis C31 den Schwellenwert. Daher bestimmt das Clustergruppen-Bestimmungsteil **36** erneut jeweils verschiedene Clustergruppen **73** und **74**. Als Ergebnis dieser neuen Bestimmung der Clustergruppen werden die Cluster C21 und C27 bis C31 nicht verbunden und irrtümlich als einzelnes Objekt erkannt, unabhängig von der Position des anderen inferierten körperlichen Objekts.

[0095] Wenn man annimmt, dass der Abstand der Clustergruppe **73** von dem Fahrzeug kürzer als der Abstand der Clustergruppe **74** von dem Fahrzeug ist, wählt das Clusterwählteil **41** die Clustergruppe **73**. Das inferierte körperliche Objekt **76** wird gewählt, dessen Abstandsdifferenz von den die Clustergruppe **73** bildenden Clustern gleich oder kleiner als der Schwellenwert ist und das in den horizontalen und vertikalen Positionen überlappt.

[0096] Unter den die Clustergruppe **73** bildenden Clustern werden die Cluster C27 bis C31 gewählt, die mit dem inferierten körperlichen Objekt **76** überlappen.

[0097] Das Kandidaten-Erzeugungsteil **42** bestimmt kombinierte Cluster aus Kombinationen der Cluster C27 bis C31. Das erste Erkennungsteil **43** vergleicht die Attribute der jeweiligen kombinierten Cluster mit den Attributen des inferierten körperlichen Objekts **76**. Im Ergebnis wird das aus den Clustern C27 bis C31 bestehende kombinierte Cluster als dasjenige bestimmt, das Attribute hat, die denen des inferierten körperlichen Objekts **76** am nächsten kommen, so dass das aus den Clustern C27 bis C31 bestehende kombinierte Cluster als körperliches Objekt **79** erkannt wird (**Fig. 7(f)**). Die Cluster C27 bis C31, die als körperliches Objekt erkannt wurden, und das entsprechende inferierte körperliche Objekt **76** werden mit "Prozess zu Ende"-Flags in dem Clusterspeicher **48** bzw. dem inferiertes-körperliches-Objekt-Speicher **49** gespeichert.

[0098] Dann holt das Clustergruppierungsteil **36** aus dem Clusterspeicher **48** das Cluster C21, für das kein "Prozess zu Ende"-Flag gesetzt wurde. Da dies ein einzelnes Cluster ist, wird das Cluster C21 als Clustergruppe behandelt. In diesem Beispiel wurden alle inferierten körperlichen Objekte so bearbeitet, dass kein entsprechendes inferiertes körperliches Objekt verglichen werden muß. Dementsprechend wählt das Clusterwählteil **41** das Cluster C21 und überführt dieses zum Kandidaten-Erzeugungsteil **42**. Das Kandidaten-Erzeugungsteil **42** bestimmt kombinierte Cluster aus Kombinationen aller in einer Clustergruppe enthaltener Cluster. Da das Cluster C21 ein Einzelcluster ist, wird C21 als kombiniertes Cluster behandelt. Das aus dem Cluster C21 bestehende kombinierte Cluster wird über das Bewertungsteil **37** von dem zweiten Erkennungsteil **44** bearbeitet.

[0099] Die körperliche Objekte repräsentierenden Cluster werden somit in Gruppen betrachtet. Daher beginnt die Wiederholung des Prozesses mit der Bestimmung von Clustergruppen. Wie oben beschrieben, werden die Abstände und Positionen inferierter körperlicher Objekte auf der Basis der Relativgeschwindigkeit bestimmt. Entsprechend enthalten die benutzten Werte einen bestimmten Toleranzbetrag. Wenn Cluster, die mit inferierten körperlichen Objekten überlappen, ohne die Bestimmung von Clustergruppen extrahiert werden, können Cluster, deren Horizontalpositionen weit voneinander entfernt sind, kombiniert werden und irrtümlich als ein körperliches Objekt erkannt werden.

[0100] Das zweite Erkennungsteil **44** erhält kombinierte Cluster aus dem Kandidaten-Erzeugungsteil **42**, die ein oder mehrere Cluster aufweisen, die kein entsprechendes inferiertes körperliches Objekt haben, und vergleicht deren Attribute mit den Attributen vorbestimmter körperlicher Objekte, die erfasst werden sollen. Das Erkennungsteil **44** erkennt, dass eines der vorbestimmten körperlichen Objekte, das die kleinste Differenz der Attribute hat, als das körperliche Objekt, das den kombinierten Clustern entspricht. Auch die Verwendung von Schwellenwerten ist zur Bestimmung möglich, dass das vorbestimmte körperliche Objekt, dessen Attribute

sich nur gering unterscheiden, so dass die Differenz kleiner als der Schwellenwert ist, das körperliche Objekt darstellt. Dieser Vergleich mit vorbestimmten körperlichen Objekten wird für alle kombinierten Cluster durchgeführt.

**[0101]** Die Attribute der vorbestimmten körperlichen Objekte sind vorbestimmt und in einem körperliches-Objekt-Speicher **50** gespeichert. Wenn beispielsweise die zu erfassenden Objekte Fahrzeuge umfassen, werden die Attribute verschiedener Fahrzeugtypen gespeichert, und wenn die zu erfassenden Objekte Verkehrszeichen umfassen, werden die Attribute verschiedener Typen von Verkehrszeichen gespeichert. In dieser Ausführung werden die Breite und Höhe als die Attribute benutzt, die verglichen werden. Abstand, Horizontalposition und Vertikalposition werden nicht verglichen. Zum Vergleich der Attribute wird die unten gezeigte Gleichung (5) benutzt. Die Bedeutung der Variablen in Gleichung (5) ist in Tabelle 4 gezeigt. Gleichung (5) drückt die Differenz der Attribute kombinierter Cluster und eines vorbestimmten Objekts auf der Basis der Differenz von Breite und Höhe kombinierter Cluster und eines vorbestimmten Objekts aus.

$$E2 = |Wc - Wt| + |Hc - Ht| \quad (5)$$

Tabelle 4

E2	Funktioneller Wert, der die Differenz in den Attributen kombinierter Cluster und eines vorbestimmten körperlichen Objekts ausdrückt
Wc	Breite kombinierter Cluster
Hc	Höhe kombinierter Cluster
Wt	Breite eines vorbestimmten körperlichen Objekts
Ht	Höhe eines vorbestimmten körperlichen Objekts

**[0102]** In dem in **Fig. 8(c)** gezeigten Beispiel vergleicht, wie oben beschrieben, das zweite Erkennungsteil **44** die Attribute des kombinierten Clusters, das aus dem vom Kandidaten-Erzeugungsteil **42** extrahierten Cluster C21 besteht, mit den Attributen verschiedener vorbestimmter körperlicher Objekte, die erfasst werden sollen, und bestimmt das zu erfassende vorbestimmte Objekt, das den kleinsten funktionellen Wert E2 hat. Daher wird das Cluster C21 als körperliches Objekt **77** erkannt (**Fig. 8(d)**).

**[0103]** Da die Information, die vorbestimmte körperliche Objekte betrifft, zur Erkennung gegenwärtiger körperlicher Objekte benutzt wird, kann eine fehlerhafte Erkennung zweier körperlicher Objekte als einzelnes körperliches Objekt auch dann vermieden werden, wenn ein vorausfahrendes Fahrzeug in der Nähe eines straßenseitigen Objekts, wie etwa eines Verkehrszeichens, vorhanden ist oder wenn ein Fahrzeug in einer benachbarten Fahrspur sich dem vorausfahrenden Fahrzeug annähert.

**[0104]** Bevorzugt erfolgt eine Bewertung, ob das abgebildete Objekt ein körperliches Objekt ist oder nicht, auf der Basis der Positionen und Größen der Cluster vor den Prozessen, die von den ersten und zweiten körperliches-Objekt-Erkennungsteilen **43** und **44** durchgeführt werden. Wenn beispielsweise ein Cluster eine Dicke in der Höhenrichtung hat, die einen vorbestimmten Wert überschreitet, kann gewertet werden, dass dies ein körperliches Objekt ist. Die Cluster, die in den ersten und zweiten körperliches-Objekt-Erkennungsteilen **43** und **44** nicht als körperliche Objekte erkannt verbleiben, können als nicht-körperliche Objekte gewertet werden.

**[0105]** Die ersten und zweiten körperliches-Objekt-Erkennungsteile **43** und **44** speichern die Attribute gegenwärtig erkannter körperlicher Objekte in dem körperliches-Objekt-Speicher **39**. Die Attribute früher erkannter körperlicher Objekte werden ebenfalls in dem körperliches-Objekt-Speicher **39** gespeichert. Die ersten und zweiten körperliches-Objekt-Erkennungsteile **43** und **44** berechnen die Relativgeschwindigkeit des Fahrzeugs

in Bezug auf körperliche Objekte auf der Basis eines aus folgender Berechnungsformel bestimmten Werts:

$(\text{Gegenwärtiger Abstand} - \text{vorheriger Abstand}) / \text{Erfassungszeitintervall}$ .

**[0106]** Die so berechnete Relativgeschwindigkeit wird in dem körperliches-Objekt-Speicher **39** gespeichert. Wie oben beschrieben, ist das Erfassungszeitintervall die Zeitdifferenz zwischen der vorherigen Messung und der gegenwärtigen Messung und kann beispielsweise auf 100 Millisekunden gesetzt sein.

**[0107]** Die Fahrzeugsteuereinrichtung **45** steuert das das System tragende Fahrzeug auf der Basis der Information, wie etwa Abstand, Position und Relativgeschwindigkeit der körperlichen Objekte, die in dem körperliches-Objekt-Speicher **39** gespeichert sind, und auf der Basis der Information von Vorrichtungen, wie etwa einer Fahrgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung **46** und einer Gierraten-Erfassungsvorrichtung **47**, so dass der Abstand zu den körperlichen Objekten auf einem geeigneten Wert gehalten wird. Beispielsweise gibt die Fahrzeugsteuereinrichtung **45** an den Fahrer eine Warnung aus, etwa mittels einer Sprachmitteilung oder eines Alarmtons. Die Steuereinrichtung kann auch die Geschwindigkeit des Fahrzeugs durch aktive Verzögerung oder Beschleunigung regeln.

**[0108]** Um die Erkennung körperlicher Objekte zu gewährleisten, erfolgt bevorzugt eine Bewertung durch die ersten und zweiten körperliches-Objekt-Erkennungsteile **43** und **44** dahingehend, ob zuvor erkannte Objekte und gegenwärtig erkannte Objekte dieselben Objekte sind, und die Fahrzeugsteuereinrichtung **45** reagiert, wenn eine vorbestimmte Anzahl von Malen dasselbe Objekt fortlaufend erkannt wird.

**[0109]** Das Korrelations-Berechnungsteil **6**, das Abstandmessteil **7**, der Abstandsspeicher **8**, das Fensteraus-schneideteil **13**, das Clusterbildungsteil **33**, das Clustergruppierungsteil **36**, der Clusterspeicher **48**, der körperliches-Objekt-Speicher **39**, das körperliches-Objekt-Inferierteil **40**, das Clusterwählteil **41**, das Kandidaten-Erzeugungsteil **42**, die ersten und zweiten körperliches-Objekt-Erkennungsteile **43** und **44**, der inferiertes-körperliches-Objekt-Speicher **49**, der Objektspeicher **50** und die Fahrzeugsteuereinrichtung **45** können durch eine Mikrosteuereinrichtung implementiert sein, die typischerweise eine zentrale Prozessoreinheit (CPU), einen nur-Lesespeicher (ROM), der Steuerprogramme und Daten enthält, sowie einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) enthält, der eine Arbeitsebene für die CPU bildet und verschiedene Daten vorübergehend speichert. Anders gesagt, implementieren in dem ROM gespeicherte Computerprogramme die oben beschriebenen Funktionen der in [Fig. 1](#) gezeigten Funktionsblöcke.

**[0110]** Der Abstandsspeicher **8**, der Clusterspeicher **48**, der inferiertes-körperliches-Objekt-Speicher **49**, der körperliches-Objekt-Speicher **39** und der Objektspeicher **50** können durch verschiedene Speicherbereiche eines einzelnen RAM realisiert werden. Vorübergehende Speicherbereiche für Daten, die in verschiedenen Operationstypen erforderlich sind, können auch durch Abschnitte desselben RAM gebildet sein.

**[0111]** Die erfindungsgemäße Objekterkennungsvorrichtung kann durch ein lokales Funknetzwerk (LAN) mit einer elektronischen Motorsteuereinheit (ECU), einer Bremssteuerungseinheit ECU oder einer anderen ECU verbunden sein, und die Ausgabe von dieser Objekterkennungsvorrichtung kann zur Gesamtsteuerung des Fahrzeugs benutzt werden.

**[0112]** Somit wurde gezeigt, dass in der erfindungsgemäßen Vorrichtung körperliche Objekte unter Verwendung von Information in Bezug auf vorher erkannte körperliche Objekte erkannt werden. Demzufolge können körperliche Objekte genau erkannt werden, und zwar ohne jegliche Erkennungsfehler einer Mehrzahl körperlicher Objekte als einzelner körperlichem Objekt, oder fehlerhafter Erkennung eines einzelnen körperlichen Objekts als eine Mehrzahl körperlicher Objekte. Ein körperliches Objekt kann durch einen Vergleich mit Attributen zu erkennender vorbestimmter Objekte erkannt werden. Daher können auch mehrere körperliche Objekte, die neuerlich in dem Bild erscheinen, genau erkannt werden.

**[0113]** Ein erfindungsgemäßes Objekterkennungssystem umfasst einen oder mehrere Bildsensoren **3**, **3'** und eine Steuereinrichtung, die dazu ausgelegt ist, den Abstand von dem System zum Objekt in Bezug auf jeweilige Fenster eines von den Sensoren aufgenommenen Bilds zu messen. Die Steuereinrichtung bildet Cluster durch Vereinigen benachbarter Fenster, die ähnliche gemessene Abstände haben. Das System umfasst einen Speicher **39** zum Speichern von Daten eines zuvor erkannten körperlichen Objekts. Die Steuereinrichtung inferiert oder folgert ein körperliches Objekt auf der Basis von Daten eines zuvor erkannten körperlichen Objekts und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs relativ zu einem zuvor erkannten körperlichen Objekt, wobei die Steuereinrichtung eine Kombination von Clustern bestimmt, die am besten zu dem inferierten körperlichen Objekt passt. Die Steuereinrichtung gruppiert die Cluster zu einem oder mehreren Clustergruppen

gemäß dem Abstand von dem das System tragenden Fahrzeug und wählt aus einer der Clustergruppen jene Cluster aus, die mit einem von der Steuereinrichtung inferierten körperlichen Objekt überlappen. Die Steuereinrichtung bildet Passungen von Kombinationen der gewählten Cluster mit dem inferierten körperlichen Objekt auf der Basis der Attribute der kombinierten Cluster und der Attribute des inferierten körperlichen Objekts.

### Patentansprüche

1. Objekterkennungssystem mit einem oder mehreren Bildsensoren (**3**, **3'**, **53**) und einer Steuereinrichtung, die ausgelegt ist, um den Abstand (d) von dem System zu einem Objekt (**54**) in Bezug auf jeweilige Fenster (W) eines von den Sensoren aufgenommenen Bilds zu messen, wobei die Steuereinrichtung durch Vereinigen mehrerer benachbarter Fenster (W), die ähnliche gemessene Abstände (d) haben, Cluster (C1, C2 ...) bildet, wobei das System umfasst:

einen Speicher (**39**) zum Speichern von in einem vorhergehenden Prozesszyklus erfassten Daten des körperlichen Objekts;

wobei die Steuereinrichtung die gegenwärtige Position des körperlichen Objekts (**54**) auf der Basis der im vorhergehenden Prozesszyklus erfassten Daten des körperlichen Objekts und der Geschwindigkeit des Systems relativ zum im vorhergehenden Prozesszyklus erfassten körperlichen Objekt inferiert und wobei die Steuereinrichtung eine Kombination von Clustern (C1, C2 ...) bestimmt, die am besten zu dem inferierten körperlichen Objekt (**54**) passt, um hierdurch die Kombination von Clustern (C1, C2 ...) von anderen Clustern, die zu einem anderen körperlichen Objekt gehören, zu unterscheiden.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung die Cluster (C1, C2 ...) gemäß dem Abstand von einem das System tragenden Fahrzeug in eine oder mehrere Clustergruppen (G1, G2 ...) gruppiert.

3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung aus einer der Clustergruppen jene Cluster wählt, die mit einem durch die Steuereinrichtung inferierten körperlichen Objekt (**54**) überlappen.

4. System nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung Kombinationen der gewählten Cluster mit dem inferierten körperlichen Objekt (**54**) auf Basis der Attribute der kombinierten Cluster und der Attribute des inferierten körperlichen Objekts zur Passung bringt.

5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung E1 gemäß folgender Gleichung berechnet und die Kombination von Clustern (C1, C2 ...), die das kleinste E1 hat, als die das körperliche Objekt repräsentierenden Cluster bestimmt:

$$E1 = \sqrt{(X_c - X_t)^2 + (Y_c - Y_t)^2 + (Z_c - Z_t)^2} / C \cdot Z_t$$

wobei Xc die x-Koordinate der horizontalen Mitte der kombinierten Cluster ist, Yc die y-Koordinate der vertikalen Mitte der kombinierten Cluster ist, Zc die z-Koordinate ist, die den Abstand kombinierter Cluster von dem Fahrzeug indiziert, Xt die x-Koordinate der horizontalen Mitte eines inferierten körperlichen Objekts ist, Yt die y-Koordinate der vertikalen Mitte des inferierten körperlichen Objekts ist, Zt die z-Koordinate ist, die den Abstand des inferierten körperlichen Objekts von dem Fahrzeug indiziert, und C eine Konstante ist.

6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass Zt durch die Gleichung bestimmt wird:

vorheriges Zt + Relativgeschwindigkeit × Erfassungszeitintervall.

7. System nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der folgende Wert zu E1 addiert wird:

$$|W_c - W_t| + |H_c - H_t|$$

wobei Wc und Wt die Breite kombinierter Cluster bzw. des inferierten körperlichen Objekts sind und He und Ht die Höhe der kombinierten Cluster bzw. des inferierten körperlichen Objekts sind.

8. System nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Relativgeschwindigkeit bestimmt wird, indem die Differenz zwischen einem Abstand (d) von dem Fahrzeug zu dem körperlichen Objekt (**54**), die in dem gegenwärtigen Prozesszyklus gemessen wurde, und einem Abstand (d') von dem Fahrzeug zu dem körperlichen Objekt (**54**), der in dem vorhergehenden Prozesszyklus gemessen wurde, durch das Erfassungs-

zeitintervall geteilt wird.

9. System, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung enthält:  
 ein Mittel (**36**) zur Clusterbildung benachbarter Fenster (W), die sich in einem vorbestimmten Abstandsbereich befinden;  
 ein Wählmittel (**41**) zum Wählen von Clustern (C1, C2 ...), deren Abstand von dem Fahrzeug innerhalb einer vorbestimmten Toleranz relativ zu dem Abstand des inferierten körperlichen Objekts (**54**) liegt und die mit dem inferierten körperlichen Objekt (**54**) überlappen; und ein Mittel (**43, 44**) zum Erkennen der das körperliche Objekt repräsentierenden kombinierten Cluster, die eines oder mehrere Cluster umfassen, die von dem Wählmittel (**41**) gewählt wurden und die Attribute haben, die den Attributen des inferierten körperlichen Objekts (**54**) am nächsten sind.

10. System nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch:  
 einen Speicher (**50**) zum Speichern von Attributen zumindest eines körperlichen Musterobjekts; und  
 ein Mittel zum Vergleichen der Attribute kombinierter Cluster, die nicht von dem Wählmittel (**41**) gewählt wurden, mit den Attributen zumindest eines körperlichen Musterobjekts, um das körperliche Musterobjekt zu erkennen, das Attribute hat, die dem den kombinierten Clustern entsprechenden körperlichen Objekt am nächsten sind.

11. Verfahren zum Erkennen eines körperlichen Objekts, welches die Schritte umfasst:  
 Messen des Abstands (d) von einem Fahrzeug zu einem körperlichen Objekt (**54**) in Bezug auf jeweilige Fenster (W) eines von zumindest einem Bildsensor (**3, 3', 53**) aufgenommenen Bilds;  
 Vereinigen mehrerer benachbarter Fenster (W), die ähnliche gemessene Abstände (d) haben, zur Bildung von Clustern (C1, C2 ...);  
 Inferieren der gegenwärtigen Position des körperlichen Objekts (**54**) auf der Basis von in einem vorhergehenden Prozesszyklus erfassten Daten des körperlichen Objekts und der Geschwindigkeit des Systems relativ zu dem im vorhergehenden Prozesszyklus erfassten körperlichen Objekt; und  
 Bestimmen einer Kombination von Clustern (C1, C2 ...), die am besten zu dem inferierten körperlichen Objekt (**54**) passt, um hierdurch die Kombination von Clustern (C1, C2 ...) von anderen Clustern, die zu einem anderen körperlichen Objekt gehören, zu unterscheiden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Bestimmungsschritt den Schritt umfasst, jene Cluster zu wählen, die mit einem von der Steuereinrichtung inferierten körperlichen Objekt (**54**) überlappen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Bestimmungsschritt den Schritt umfasst, Kombinationen der gewählten Cluster mit dem inferierten körperlichen Objekt (**54**) auf der Basis der Attribute der kombinierten Cluster und der Attribute des inferierten körperlichen Objekts in Passung zu bringen.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

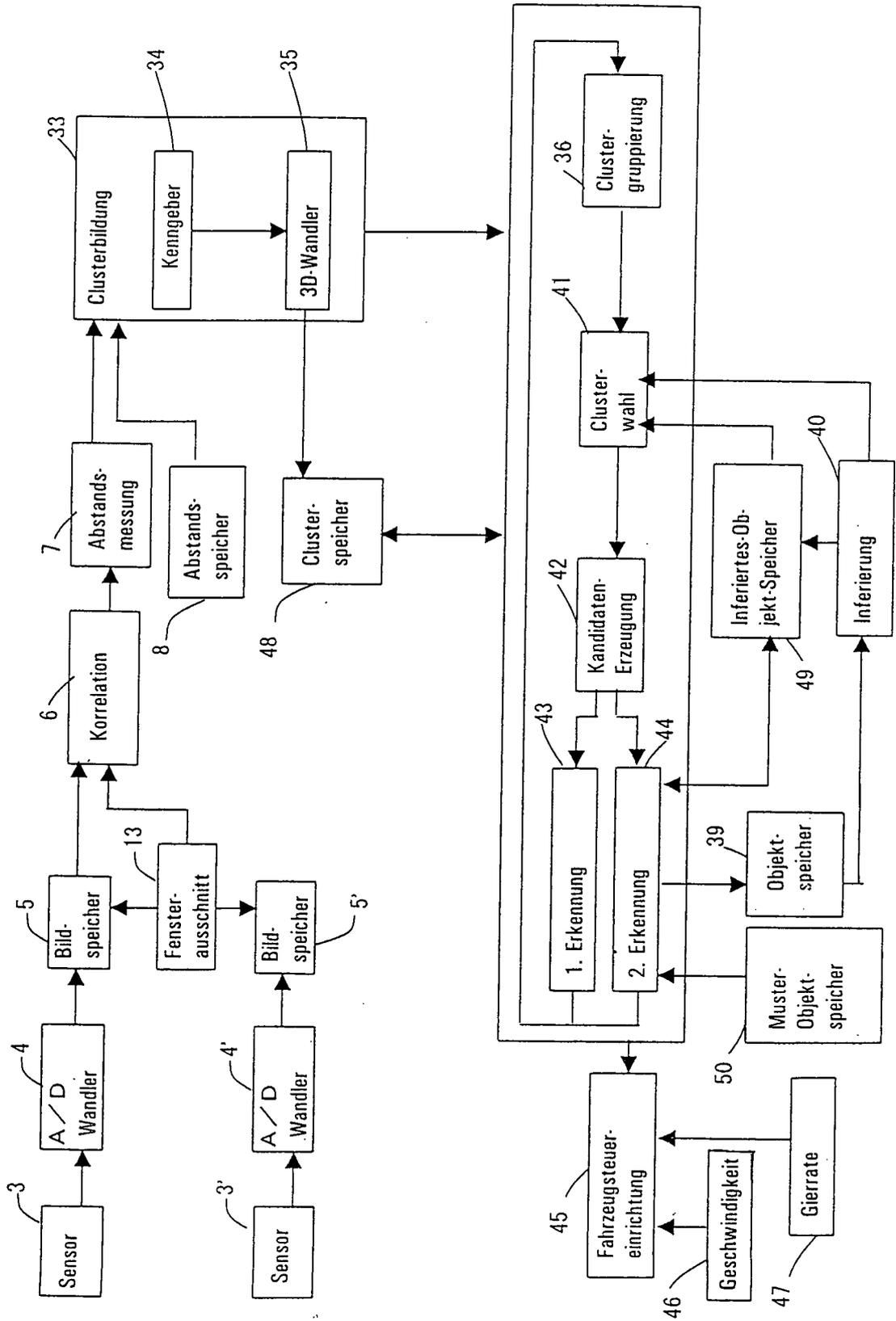


Fig. 2

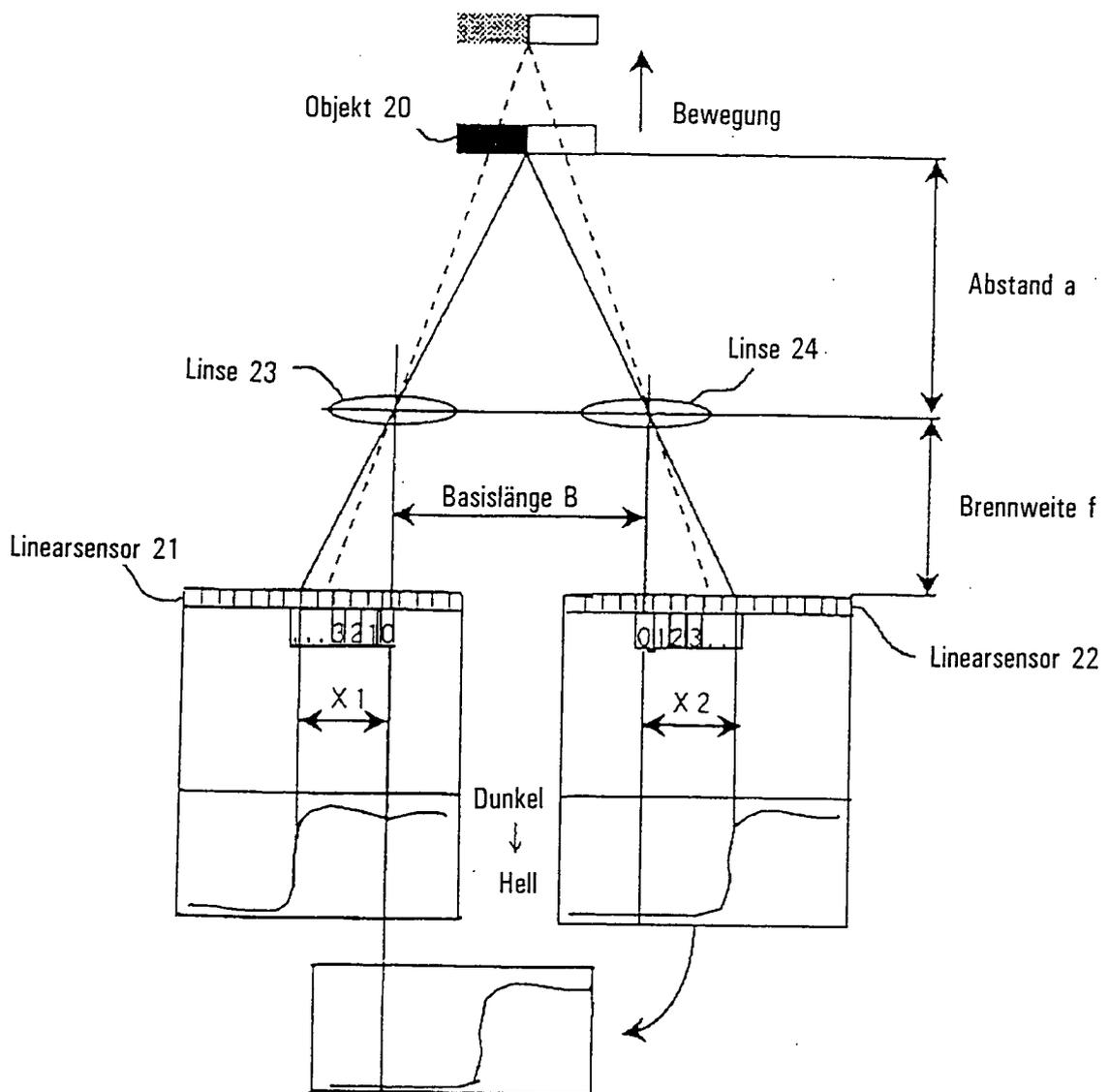
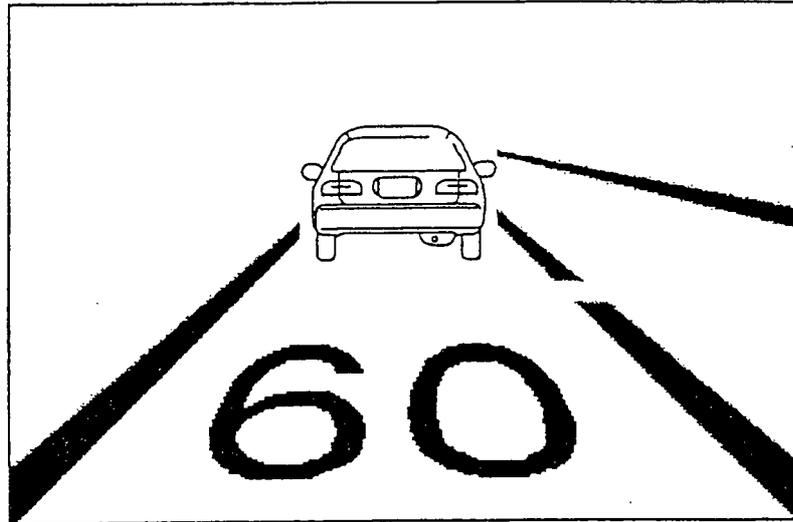


Fig. 3

(a)



(b)

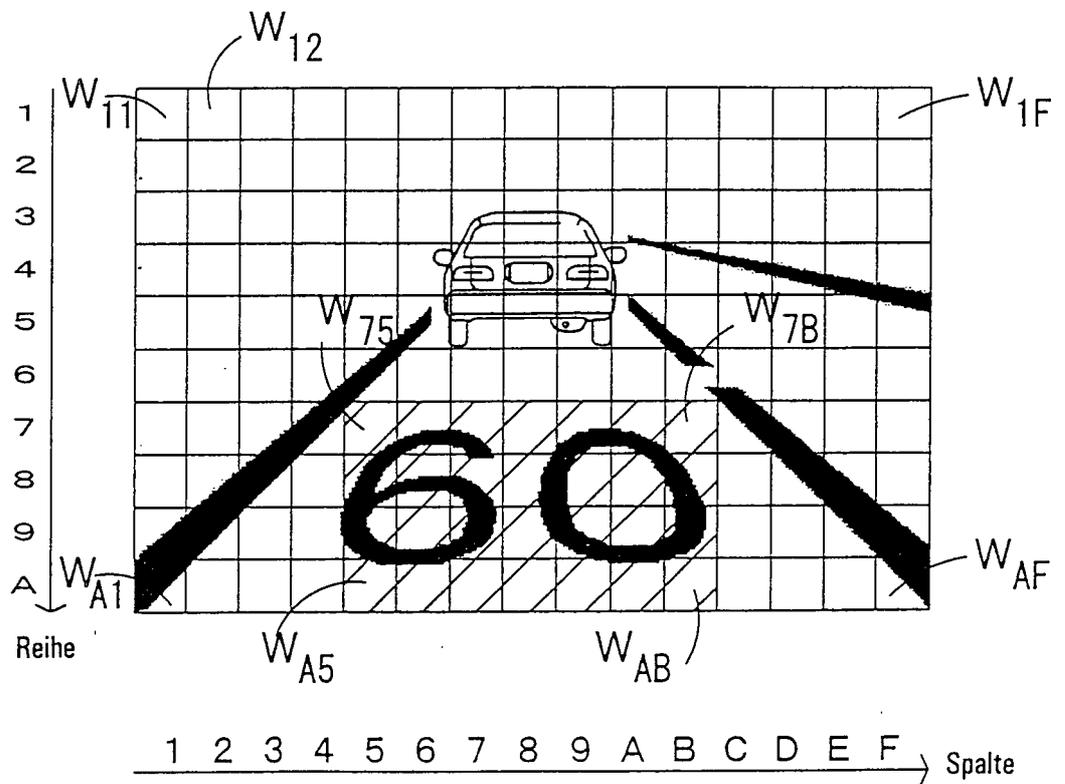




Fig.5

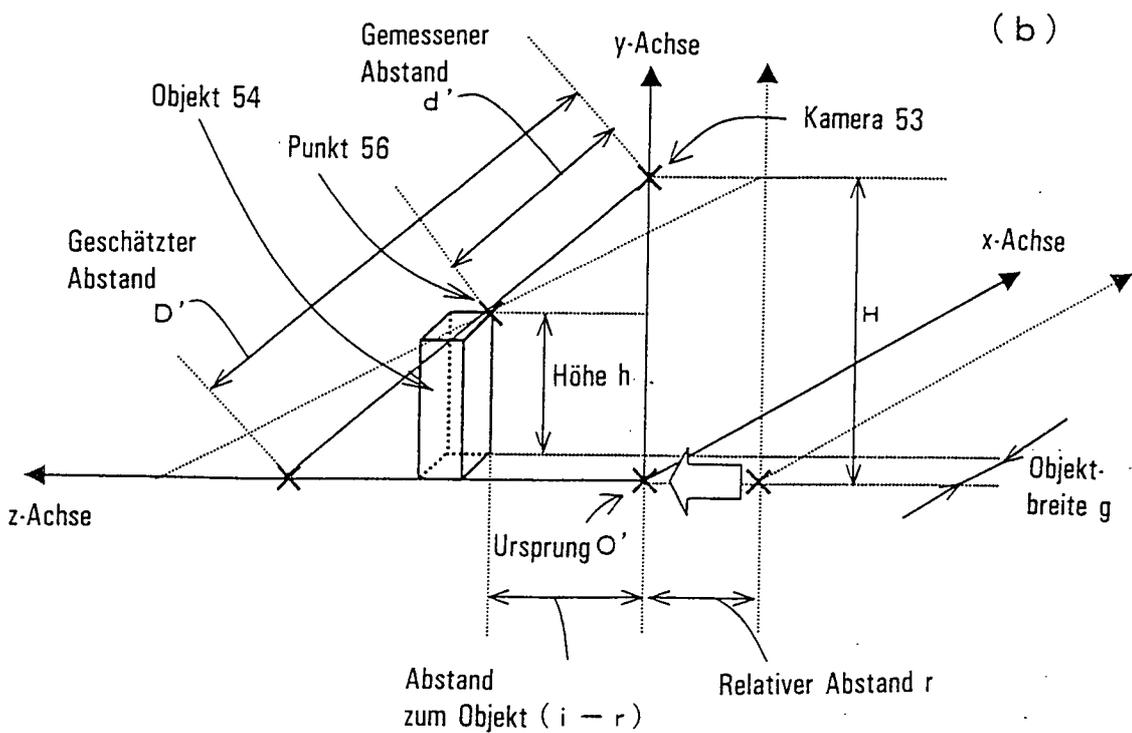
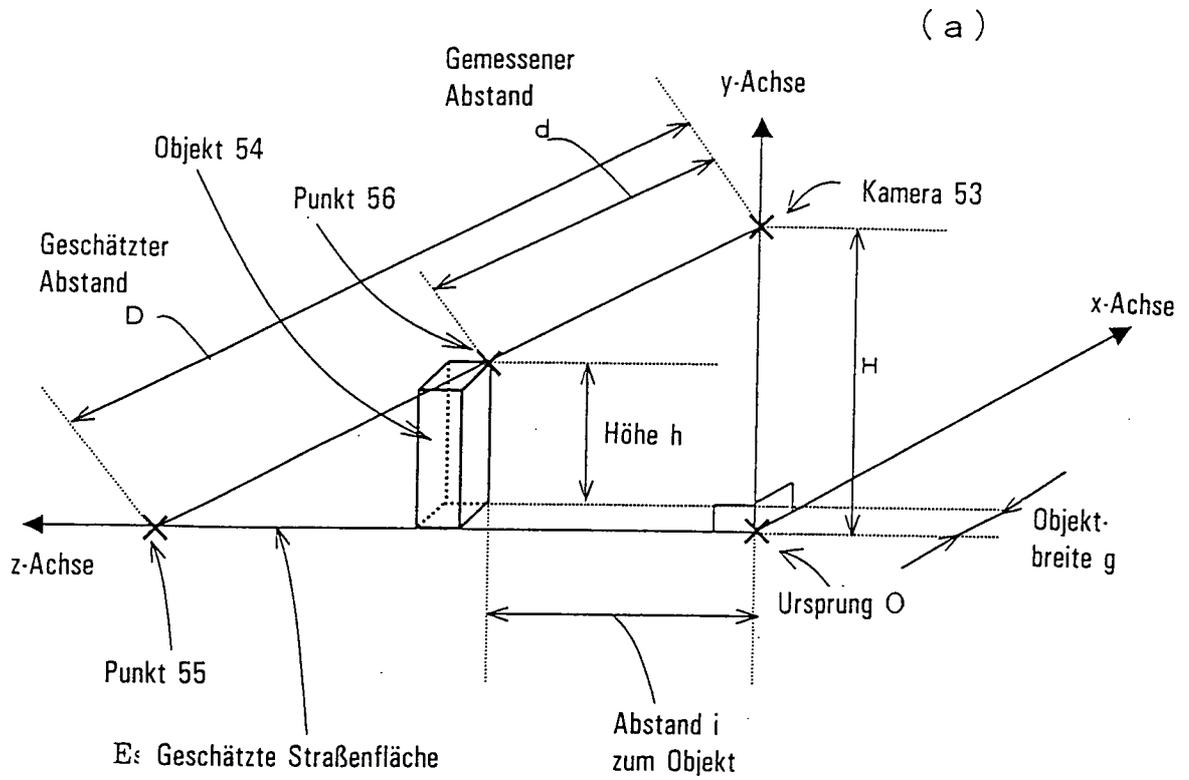
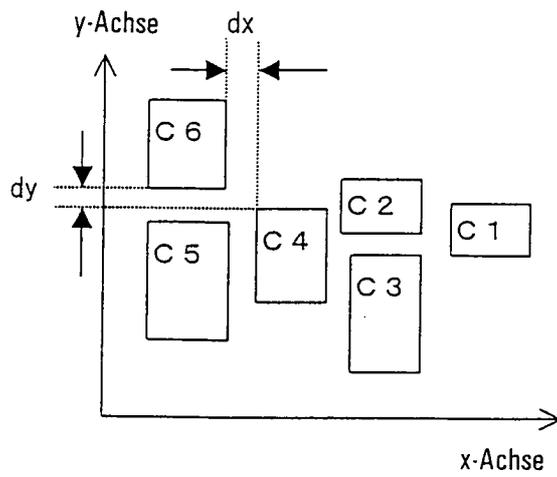
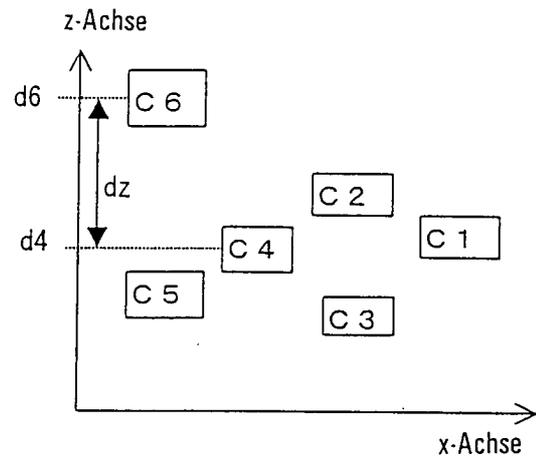


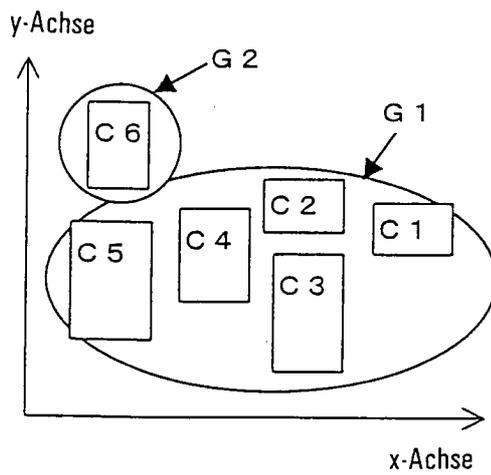
Fig.6



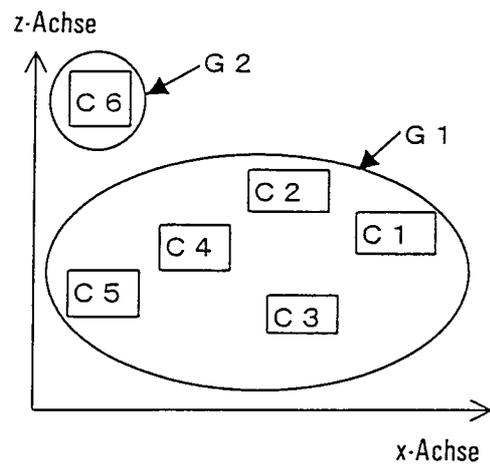
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 7

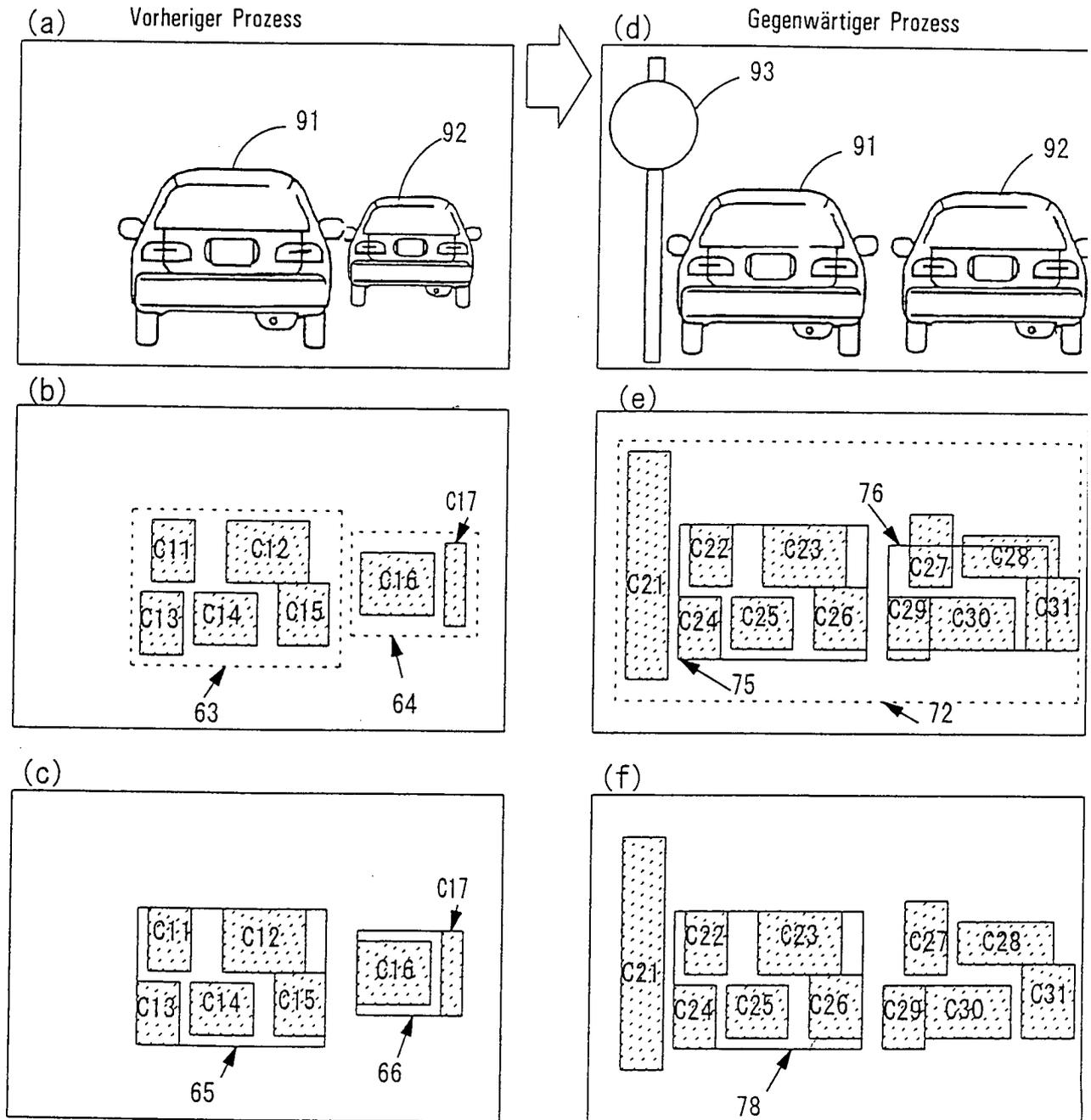


Fig. 8

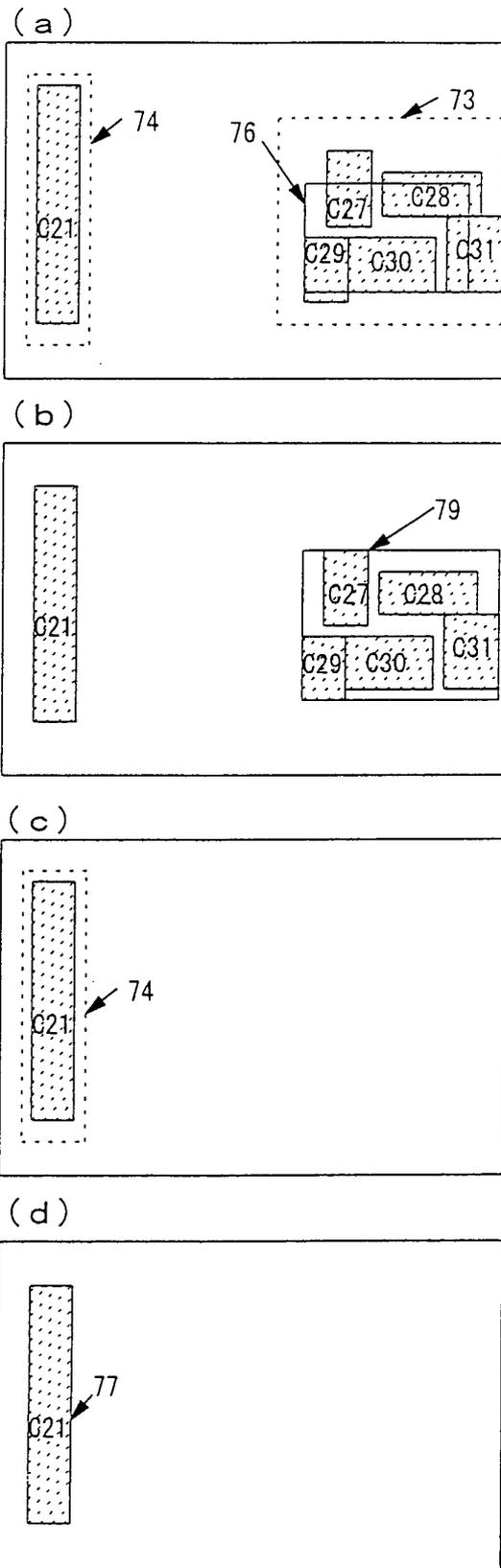


Fig.9

# kombinierter Cluster	Kombinierte Cluster	Inferiertes Objekt	Funktioneller Wert E1
1	C 2 2	7 5	e 01
2	C 2 3	7 5	e 02
3	C 2 4	7 5	e 03
4	C 2 5	7 5	e 04
5	C 2 6	7 5	e 05
6	C 2 2 + C 2 3	7 5	e 06
7	C 2 2 + C 2 4	7 5	e 07
8	C 2 2 + C 2 5	7 5	e 08
9	C 2 2 + C 2 6	7 5	e 09
1 0	C 2 3 + C 2 4	7 5	e 10
1 1	C 2 3 + C 2 5	7 5	e 11
1 2	C 2 3 + C 2 6	7 5	e 12
1 3	C 2 4 + C 2 5	7 5	e 13
1 4	C 2 4 + C 2 6	7 5	e 14
1 5	C 2 5 + C 2 6	7 5	e 15
1 6	C 2 2 + C 2 3 + C 2 4	7 5	e 16
1 7	C 2 2 + C 2 3 + C 2 5	7 5	e 17
1 8	C 2 2 + C 2 3 + C 2 6	7 5	e 18
1 9	C 2 2 + C 2 4 + C 2 5	7 5	e 19
2 0	C 2 2 + C 2 4 + C 2 6	7 5	e 20
2 1	C 2 2 + C 2 5 + C 2 6	7 5	e 21
2 2	C 2 3 + C 2 4 + C 2 5	7 5	e 22
2 3	C 2 3 + C 2 4 + C 2 6	7 5	e 23
2 4	C 2 3 + C 2 5 + C 2 6	7 5	e 24
2 5	C 2 4 + C 2 5 + C 2 6	7 5	e 25
2 6	C 2 2 + C 2 3 + C 2 4 + C 2 5	7 5	e 26
2 7	C 2 2 + C 2 3 + C 2 4 + C 2 6	7 5	e 27
2 8	C 2 2 + C 2 3 + C 2 5 + C 2 6	7 5	e 28
2 9	C 2 2 + C 2 4 + C 2 5 + C 2 6	7 5	e 29
3 0	C 2 3 + C 2 4 + C 2 5 + C 2 6	7 5	e 30
3 1	C 2 2 + C 2 3 + C 2 4 + C 2 5 + C 2 6	7 5	e 31