

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. August 2006 (24.08.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/087123 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 11/00 (2006.01) G06T 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/001084

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Februar 2006 (08.02.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 007 536.3
17. Februar 2005 (17.02.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ISRA VISION SYSTEMS AG [DE/DE]; Industriestrasse 14, 64297 Darmstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ERSÜ, Enis [DE/DE]; Carl-Ulrich-Strasse 60, 64297 Darmstadt (DE).

(74) Anwalt: KEIL & SCHAAFHAUSEN; Cronstettenstrasse 66, 60322 Frankfurt am Main (DE).

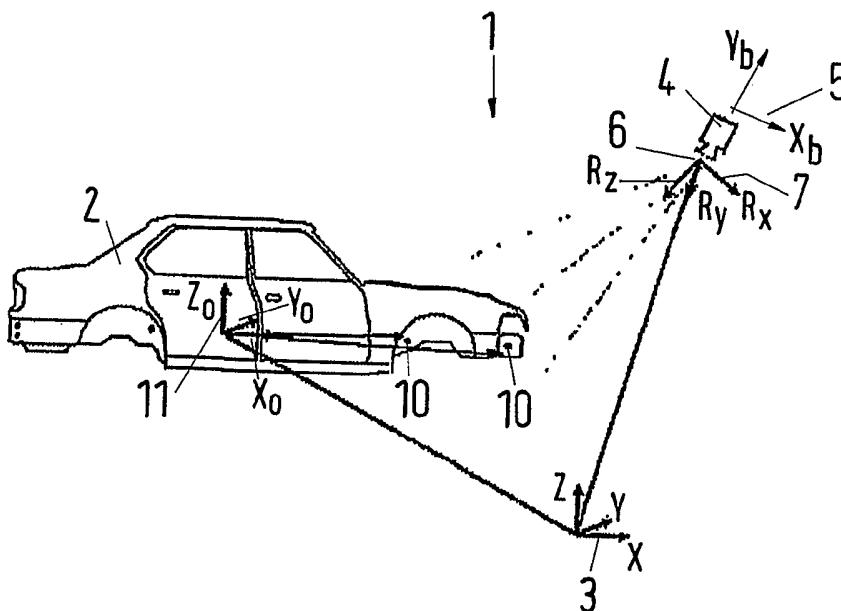
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CALIBRATING A MEASURING SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR KALIBRIERUNG EINES MESSSYSTEMS



(57) Abstract: The invention relates to a method for calibrating measuring system (1) which is based on a camera (4) and is used for determining an object (2) position in a reference three-dimensional co-ordinate system (3), wherein the external and internal parameters of the camera are calibrated in various steps and the camera (4) position (6) is determined with the aid of external measuring means. In order to optimise a calibration process, the inventive method comprises at least three steps consisting in determining the internal parameters of said camera (4) and firmly assigning said parameters thereto, in determining the position (6) of the camera (4) mounted on the measuring system (1) and in determining the orientation (7) of the camera (4) in the reference three-dimensional co-ordinate system (3) by evaluating the images thereof.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/087123 A1



NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Kalibrierung eines auf einer Kamera (4) basierenden Messsystems (1) zur Bestimmung der Lage eines Objekts (2) in einem dreidimensionalen Bezugskordinatensystem (3) beschrieben, bei dem die äußeren und inneren Kameraparameter in verschiedenen Schritten kalibriert werden und die Position (6) der Kamera (4) mit externen Messmitteln bestimmt wird. Um den Verfahrensablauf der Kalibrierung zu optimieren, läuft das Verfahren in mindestens drei Verfahrensschritten ab, wobei in einem ersten Verfahrensschritt die inneren Kameraparameter einer bestimmten Kamera (4) ermittelt und dieser Kamera (4) fest zugeordnet werden, in einem zweiten Verfahrensschritt die Position (6) der in dem Messsystem (1) montierten Kamera (4) bestimmt wird und in einem dritten Verfahrensschritt die Orientierung (7) der Kamera (4) im dreidimensionalen Bezugskordinatensystem (3) durch Auswertung von Kamerabildern ermittelt wird.

Verfahren zur Kalibrierung eines Messsystems

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung eines auf mindestens einer Kamera basierenden Messsystems zur Bestimmung der Lage eines Objekts in einem dreidimensionalen Bezugskordinatensystem, bei dem die äußeren und inneren Kameraparameter in verschiedenen Schritten kalibriert werden und die Position der Kamera mit einem externen Messmittel bestimmt wird.

10

Im Rahmen einer immer weiter zunehmenden Automatisierung von Verfahrens- und Produktionsabläufen mittels Manipulatoren, bspw. Robotern, ist es notwendig, die Lage der zu bearbeitenden Objekte im Raum automatisiert genau zu bestimmen, damit die Manipulatoren gezielt an den Objekten angreifen können.

15

Hierzu werden häufig optische Messsysteme eingesetzt, welche Bilder der Objekte im Bearbeitungsraum der Manipulatoren aufnehmen und mittels Bildverarbeitung auswerten, um aus Merkmalen der aufgenommenen Objekte deren Orientierung im Raum zu ermitteln. Voraussetzung für das Funktionieren derartiger optischer Messsysteme ist eine Kalibrierung der optischen Aufnahmesysteme bzw. Kameras in einem geometrischen Kameramodell, das der Auswertung der Bilder zugrundegelegt wird. Für die Kalibrierung sind sowohl sogenannte "innere" Kameraparameter, welche die Objektiv- bzw. Linseneigenschaften der Kamera sowie die relative Anordnung von Objektiv und Bildsensor, bspw. CCD oder CMOS Sensor, betreffen, als auch sogenannte "äußere" Kameraparameter zu bestimmen, welche die geometrische Lage, Position und Orientierung der Kamera im Raum betreffen.

20

Für die Kalibrierung der Kamera sind eine Vielzahl verschiedener Kalibrierverfahren beschrieben. Einen Überblick hierüber gibt der Aufsatz R. Gerdes et. al.,

30

"Kalibrierung eines digitalen Bildverarbeitungssystems mit CCD-Kamera", tm -
Technisches Messen 60 (1993) 6 und 60 (1993) 7/8, R. Oldenbourg Verlag, in
dem klassische Ansätze für Kalibrierverfahren beschrieben werden. Bei einem
aus der Photogrammetrie abgeleiteten Ansatz werden ein vollständiges Modell
5 der Kamera aufgestellt und die Modellparameter durch Auswertung von Punkt-
korrespondenzen ermittelt. Die Punktkoordinaten werden durch Aufnahme be-
kannter zwei- oder dreidimensionaler Punktanordnungen eines Kalibrierkörpers
und Zuordnung der Bildpunkte zu den entsprechenden Szenepunkten gewon-
nen. Die dabei im allgemeinen Fall auftretenden nichtlinearen Gleichungssyste-
10 me werden mit Hilfe iterativer Suchverfahren numerisch gelöst. Kalibrierverfah-
ren, die diesen Ansatz verfolgen, sind in der Regel sehr rechenintensiv, genü-
gen aber auch höchsten Genauigkeitsanforderungen. Ferner sind lineare Model-
le bekannt, bei denen der Rechenaufwand, aber auch die erzielbare Genauig-
keit, reduziert sind. Für eine industrielle Fertigungsstraße sind derartige Kali-
15 brierverfahren allerdings meist zu aufwendig und können insbesondere aufgrund
von während der Fertigung häufig notwendigen Nachkalibrierungen nicht zeit-
und geldsparend eingesetzt werden. Zudem müssen meist sinnvolle Startwerte
für die Iteration vorgegeben werden. Dies macht eine vollautomatische Kalibrie-
rung während des laufenden Prozesses schwierig.

20 Eine zweite Gruppe von Kalibrierverfahren versucht, physikalische und geomet-
rische Randbedingungen auszunutzen, um die Parameter des Kameramodells
in einzelne Gruppen zu unterteilen und in separaten, aufeinander folgenden
Schritten zu ermitteln. Durch diese Reduktion der in einem Schritt zu bestim-
25 menden Parameter verringert sich der Rechenaufwand im Vergleich zur iterati-
ven Suche im vollständigen Parameterraum erheblich, obwohl eine gleicherma-
ßen hohe Genauigkeit erreicht werden kann. Ein solches Verfahren ist bspw. in
dem Aufsatz Roger Y. Tsai, "A Versatile Camera Calibration Technique for
High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras
30 and Lenses", IEEE Journal of Robotics and Automation", Vol. RA-3, No. 4,

August 1987, beschrieben, bei dem geometrische Bedingungen für die Bewegung der Kamera zugrundegelegt werden, um Kameraparameter separat mit einfacheren Gleichungssystemen bestimmen zu können. Diese Lösung ist jedoch aufgrund der geometrischen Beschränkung nicht universell einsetzbar. Außerdem ist nachteilig, dass zur Kamerakalibrierung ein gesonderter Kalibrierkörper mit bestimmten geometrischen Eigenschaften eingesetzt werden soll. Ein solcher Kalibrierkörper muss außerhalb des normalen Arbeitsablaufs in das Sichtfeld der Kamera eingebracht. Dies stellt einen erheblichen Eingriff in den Produktionsprozess dar. Zur Bestimmung der äußeren Kameraparameter ist zudem die Kenntnis der Lage (Position und Orientierung) des Kalibrierkörpers im Messsystem erforderlich. Dies erfordert entsprechenden Aufwand für die Vermessung bspw. durch externe Messgeräte sowie das hochgenau reproduzierbare Einbringen des Kalibrierkörpers zur Nachkalibrierung.

In der EP 1 143 221 A2 wird ein ähnliches Verfahren zur Bestimmung der Position eines Koordinatensystems eines Werkstücks im dreidimensionalen Raum beschrieben, bei dem das Werkstück zur Ermittlung seiner Raumposition mit mindestens zwei im Raum kalibrierten Kameras aufgenommen wird. Die Kalibrierung der Kameras findet in einem Lochkameramodell statt, wobei das Verfahren ohne Kalibriertafeln auskommen soll. Dazu erfolgt bei der Kamerakalibrierung eine direkte Vermessung der Position und der Orientierung der Lichteintrittsöffnung einer jeden Kamera, indem die Position und die Orientierung der Lichteintrittsöffnung einer jeden Kamera in ihrem passiven Zustand mit einem separaten Messsystem vermessen werden, welches zur direkten Antastung der Lichteintrittsöffnung imstande ist und welches die Position und die Orientierung der Lichteintrittsöffnung im Weltkoordinatensystem liefert. In diesem Fall findet also eine rein externe Vermessung der Kameralage statt, welche sowohl die Kameraposition als auch die Kameraorientierung umfasst. Nachteilig ist, dass zur Vermessung der Orientierung ein großes ausgedehntes Hilfsmittel mit mehreren Messmarken notwendig ist. Das Hilfsmittel ist ein Messmittel und muss

- 4 -

daher entsprechend vorsichtig gehandhabt werden, was in industrieller Umgebung nur schwer möglich ist.

5 Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die erforderliche Genauigkeit für Messungen mit Pixel- oder Subpixelgenauigkeit für hohe Entfernungen von der Kamera zum Messobjekt nicht erreicht werden kann. Bei Ausdehnung des Hilfsmittels von bspw. 400 mm mit Messmarken an den äußeren Punkten und der Bestimmung einer Messmarke mit der Genauigkeit von 0,3 mm kann aus dem Strahlensatz berechnet werden, dass bei einer Entfernung der Kamera
10 zum Messobjekt von 2000 mm ein Fehler von 3 mm entsteht, was für Applikationen häufig nicht ausreichend ist. Der dieser Überlegung zugrundeliegende Aufbau ist in Fig. 3 dargestellt.

15 Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Kalibrierverfahren anzugeben, das bei hoher Genauigkeit einfach handhabbar ist und optimal in automatisierte Produktionsabläufe eingefügt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Kalibrierverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Erfindungsgemäß läuft das Verfahren in mindestens drei
20 Verfahrensschritten ab, wobei in einem ersten Verfahrensschritt die inneren Kameraparameter einer bestimmten Kamera ermittelt und dieser Kamera fest zugeordnet werden, in einem zweiten Verfahrensschritt die Position der in dem Messsystem montierten Kamera bestimmt wird und in einem dritten Verfahrensschritt die Orientierung der Kamera im dreidimensionalen Bezugskordinatensystem durch Auswertung von Kamerabildern ermittelt wird. Die Aufteilung in die
25 vorgenannten Verfahrensschritte ist derart gewählt, dass die Verfahrensschritte einfach und mit gängiger Technologie im industriellen Umfeld einfach umgesetzt werden können.

- 5 -

Dabei werden zunächst die inneren Parameter eines Kameratyps insbesondere separat ermittelt und diesem Kameratyp fest zugeordnet. Weil die Bestimmung dieser inneren Kameraparameter von dem späteren Montageort der Kamera unabhängig sind, ist es ausreichend, diese Parameter für jeden Kameratyp einmal bspw. in einem speziellen Messlabor zu ermitteln und für weitere Kalibrierverfahren mit demselben Kameratyp als bekannt vorauszusetzen.

In einem zweiten Verfahrensschritt, für den die Inbetriebnahme der Kamera am Montageort noch nicht notwendig ist, wird die Position der in dem Messsystem montierten Kamera insbesondere mit externen Messmitteln ermittelt. Diese Messung ist vollständig unabhängig von der Ermittlung der inneren Kameraparameter und daher unabhängig von dabei aufgetretenen Fehlern. Nach dem zweiten Verfahrensschritt sind also in voneinander unabhängigen Messungen die inneren, die Abbildungseigenschaften der Kamera betreffenden Kameraparameter sowie die Raumposition der Kamera im Welt- bzw. Bezugskoordinatensystem in voneinander vollständig unabhängigen Messverfahren bestimmt worden. Dabei ist die Bestimmung der absoluten Position der Kamera im Bezugskoordinatensystem mittels einfacher Standard-Messsysteme, bspw. Lasertrackern, möglich, die zur Vermessung an robotergeführten Anlagen häufig ohnehin fest installiert sind.

Die Bestimmung der Orientierung der Kamera im Raum, welche im Vergleich zur Positionsbestimmung bei Verwendung externer Messmittel einen erheblichen Messaufwand verursacht, wird dagegen erfindungsgemäß durch Auswertung von Kamerabildern unter Verwendung der in den ersten beiden Verfahrensschritten ermittelten Kameraparameter bestimmt. Die hierfür vorzusehende Bildauswertung ist vergleichsweise einfach, da lediglich zwei im Raum bekannte Messpunkte in dem Kamerabild der einen Kamera auszuwerten sind. Dies bedeutet im Gegensatz zu Kalibrierverfahren, bei denen sämtliche äußeren und inneren Kameraparameter aus denen Bildern selbst gewonnen werden, eine

- 6 -

erhebliche Performancesteigerung ohne einen damit verbundenen Genauigkeitsverlust, weil durch die Bildauswertung im dritten Verfahrensschritt die extern bestimmten Positionsdaten der Kamera sowie die inneren Kameraparameter zueinander in Beziehung gesetzt und für die gemeinsame Kalibrierung verwendet werden.

Da ein erfindungsgemäßes Messsystem häufig an bereits existierenden Arbeitsplätzen aufgebaut werden soll, ist es wichtig, dass der Aufbau und die Kalibrierung des Messsystems zeitoptimiert erfolgen können, damit lange Ausfallzeiten bspw. einer Montage- oder Produktionsstraße nicht auftreten. Dafür ist es vorteilhaft, wenn der erste Verfahrensschritt zur Bestimmung der inneren Kameraparameter vor der Montage der Kamera in dem Messsystem bspw. unter Laborbedingungen mit einem an sich bekannten Messverfahren, insbesondere durch Einbringen eines hochgenauen Kalibrierkörpers in ein Kamerabild, stattfindet. Eine für einen Kameratyp durchgeführte Kalibrierung ist für diesen Kameratyp universell gültig, so dass der erste Verfahrensschritt nicht bei jeder Inbetriebnahme eines Messsystems mit demselben Kameratyp wiederholt werden muss. Hierdurch wird die Wirtschaftlichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens weiter erhöht.

Die Position der Kamera kann in einfacher Weise durch Vermessen eines einzigen ausgezeichneten Kamerapunkts in Form einer Messmarke, die in bekannter Relation zu der Kamera steht, bestimmt werden. Dies hat den Vorteil, dass mit dem externen Messmittel zur Bestimmung der Kameraposition nur ein einziger Messpunkt angepeilt, erfasst und ausgewertet werden muss, wodurch die Bestimmung der Position im Raum mit gängigen Messmitteln und geringem Zeitaufwand möglich ist.

Hierfür kann ein ausgezeichnetes Merkmal in dem Kameragehäuse, bspw. eine Ecke, Kante oder ein sonstiger insbesondere punktförmiger Kamerapunkt als

Messmarke dienen. Ferner ist es erfindungsgemäß möglich, zur Vermessung der Position der Kamera eine Messmarke an der Kamera festzulegen. Hierzu kann einfacher Weise ein Deckel mit der Messmarke in die Objektivaufnahme der Kamera eingesetzt bzw. eingeschraubt werden und mit einem externen
5 Messmittel, bspw. einem Lasertracker oder einem Theodolit, vermessen werden. Da die Konstruktion der Kamera zwischen Objektivaufnahmen und Bildsensor bekannt ist, lässt sich ein einfacher Bezug zu den im ersten Verfahrensschritt ermittelten inneren Kameraparametern, welche insbesondere die Objektiv-Linsen-Eigenschaften sowie die Geometrie der Anordnung Objektiv-
10 Bildsensor betreffen, hergestellt werden. Mögliche Positionsfehler werden durch die aus dem Bild herausgerechnete Orientierung kompensiert.

Nach Durchführung dieses zweiten Verfahrensschritts ist also die Position der installierten Kamera im gemeinsamen, metrischen Bezugskordinatensystem
15 des Messsystems bestimmt. Position bedeutet hierbei die Festlegung der Koordinaten X, Y und Z des Weltkoordinatensystems. Die Orientierung der Kamera, d.h. insbesondere die Ausrichtung des Objektivs, ist nach dem zweiten Verfahrensschritt noch nicht bekannt.

20 Erfindungsgemäß kann die Orientierung der Kamera in einem weiteren, insbesondere dem dritten, Verfahrensschritt durch Erfassen von zwei oder mehr Merkmalen in einem Kamerabild bestimmt werden, wobei die Position der Merkmale in dem Welt- bzw. Bezugskordinatensystem bekannt sind. Zur Lösung der Gleichungen, die zur Bestimmung der drei Orientierungen R_{x_k} , R_{y_k} ,
25 R_{z_k} , aufzustellen sind, werden mathematisch mindestens zwei über die Kamera abgebildete Merkmale und deren Koordinaten in der Bildmatrix in Form von zweidimensionalen Bildkoordinaten X_b und Y_b benötigt. Die Auswertung dieser Merkmale im Kamerabild kann mittels eines in einem Rechner installierten Bildauswertungssystem automatisch oder grafisch interaktiv erfolgen. Entscheidend

ist, dass die Positionen der in dem Kamerabild erfassten und ausgewerteten Merkmale in dem Bezugskordinatensystem bekannt sind.

5 Erfindungsgemäß können die Merkmale Teil des Objektes sein, dessen Lage vermessen werden soll. Auf diese Weise wird eine bei der Montage der Kamera kalibrierkörperfreie Kalibrierung erreicht, da die Verwendung eines Kalibrierkörpers bekannter Geometrie nicht erforderlich ist. Ein Kalibrierkörper ist dabei ein eigens zum Zwecke der Kamera- und Systemkalibrierung angefertigter Körper, der in den Sichtbereich einer Kamera einzubringen ist. Zur Erzielung der erforderlichen Messgenauigkeit bei der Bestimmung sämtlicher Kameraparameter 10 mittels des Kalibrierkörpers muss der Kalibrierkörper mindestens um einen Faktor 10 genauer angefertigt sein als die angestrebte Messgenauigkeit. Dies ist bei der vorliegenden dreistufigen Kalibrierung des Messsystems nicht notwendig, da lediglich die Orientierung der Kamera im Raum mittels im Bild erfasster (Mess-)Merkmale zu bestimmen ist. Es hat sich herausgestellt, dass 15 hierfür Merkmale an dem Bearbeitungsobjekt selbst herangezogen werden können. Dies sind vorteilhaft ausgezeichnete Formelemente des Objektes, bspw. Löcher, Kanten oder dgl., welches ohnehin an dem Arbeitsplatz gehandhabt und vermessen werden soll.

20 Die Position der in der Kamera abgebildeten Merkmale kann dabei durch Vermessen mittels eines externen Messmittels oder aus der Kenntnis der Merkmalsposition in Objektkoordinaten und anschließender Vermessung der Objektlage im Bezugskordinatensystem mit externen Mitteln bestimmt werden. Die 25 Merkmalsposition in Objektkoordinaten kann bspw. aus bekannten Konstruktionsdaten (CAD), einer vorherigen Vermessung der Merkmalspositionen durch Vermessung des Objekts bspw. in einem Messhaus oder dgl. ermittelt werden. Anstelle der Vermessung der Objektlage im Bezugskordinatensystem kann auch eine Annahme oder Definition der aktuellen Objektlage bei Systeminbetriebnahme als Bezugssystem herangezogen werden. Gegebenenfalls können 30

auch separate Messmerkmale künstlich an das zu handhabende Objekt bspw. durch Ankleben, magnetisches Anheften oder dgl. angebracht werden. In diesem Fall sind die Positionen der Objektkoordinaten aus den Konstruktionsdaten nicht bekannt und werden mit externen Messmitteln bestimmt.

5

Ggf. kann es von Vorteil sein, mit einem im System installierten Roboter zwei Positionen im Kamerabild anzufahren und ein Merkmal am Roboter über das Bildverarbeitungssystem zu vermessen oder insbesondere grafisch interaktiv anzupeilen. Da der Roboter im allgemeinen metrisch kalibriert arbeitet, sind die Koordinaten der Positionen der zwei Robotermerkmale im Bezugskordinatensystem bekannt und können für den dritten Verfahrensschritt herangezogen werden. Diese Vorgehensweise ist insbesondere für das Nachkalibrieren von Kameras vorteilhaft, bspw. bei Kameraausfall oder Kameratausch, da das Nachkalibrieren vollautomatisch erfolgen kann. Die Verfahrensschritte eins und zwei müssen in diesem Fall nicht mehr durchgeführt werden, da die ermittelten Parameter als konstant angenommen werden können. Der dritte Verfahrensschritt kann durch einen Roboter vollautomatisch, ggf. sogar bei automatischer Beauftragung, durchgeführt werden, so dass auch das Nachkalibrieren besonders einfach ist.

20

Mit dem erfindungsgemäßen System wird ein Verfahren zur Kalibrierung eines auf Kameras basierenden Messsystems zur Bestimmung von Objektpositionen in allen sechs Freiheitsgraden (Positionen X , Y , Z und Orientierungen R_x , R_y , und R_z) beschrieben, welches bei einer hohen erreichbaren Genauigkeit mit gängigen Hilfsmitteln umgesetzt und einfach aufgebaut werden kann.

25

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der vorlie-

30

genden Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbezügen.

Es zeigen:

5

Fig. 1 schematisch den Messaufbau für das erfindungsgemäße Verfahren zur Kalibrierung eines auf mindestens einer Kamera basierenden Messsystems;

10

Fig. 2 eine Kamera des Messsystems und

Fig. 3 schematisch eine Anordnung zur Fehlerabschätzung.

15

In Fig. 1 ist schematisch ein Messsystem 1 zur Bestimmung der Lage eines als Karosse ausgebildeten Objekts 2 in einem dreidimensionalen Bezugskoordina- tensystem 3 dargestellt, welches das Weltkoordinatensystem bildet. Dazu wird das Objekt 2 mit einer kalibrierten optischen Kamera 4 erfasst und die Lage des Objektes 2 anhand bestimmter Objektmerkmale bestimmt.

20

Bevor es möglich ist, mit dem Messsystem 1 die Position und Ausrichtung des Objektes 2 in dem Koordinatensystem 3 zu bestimmen, muss bei Inbetriebnahme des Messsystems 1 die Kamera 4 kalibriert werden.

25

Kalibrierung bedeutet dabei die Herstellung eines rechnerischen Zusammen- hangs zwischen den Bildkoordinaten X_b , Y_b eines Bildkoordinatensystems 5, der Kamera 4 und einem metrischen Bezugs- bzw. Weltkoordinatensystem 3, das im Allgemeinen den dreidimensionalen Raum mit den Koordinaten X , Y und Z beschreibt. Die Methode zur Herstellung dieser Beziehung ist die Modellierung des physikalischen Zusammenhangs zwischen den beiden Koordinatensyste- men 3, 5. Hierzu werden alle physikalischen Sachverhalte modelliert und para-

30

metrisch erfasst, welche die Abbildung eines beliebigen Raumpunktes auf den Bildsensor einer insbesondere digitalen Kamera 4 bestimmen.

In diesem Zusammenhang unterscheidet man innere Kameraparameter und
5 äußere Kameraparameter. Die äußeren Kameraparameter sind die Position 6
und die Orientierung 7 der Kameras 4 in dem Bezugskordinatensystem 3,
welche als 6-dimensionaler Vektor erfasst werden können (X_k , Y_k , Z_k , Rx_k , Ry_k ,
 Rz_k). Die inneren Kameraparameter sind bspw. die Bildweite f , die Verzeich-
nungskoeffizienten κ_1 und κ_2 , die Ausdehnungen der Bildsensorelemente
10 d_x und d_y , die Verkippungen Δ_x und Δ_y der Bildsensorebene gegenüber der
optischen Achse und der Durchtrittspunkt s_x und s_y der optischen Achse durch
den Bildsensor. Zur Kalibrierung der in dem Messsystem 1 verwendeten Kame-
ra 4 werden die äußeren und inneren Parameter in verschiedenen Schritten
kalibriert, die nachfolgend näher erläutert werden.

15

In einem ersten der mindestens drei Verfahrensschritte werden die inneren
Kameraparameter der Kamera 4 ermittelt und dieser Kamera 4 fest zugeordnet.

Dazu werden die Kamera 4 und das in Fig. 2 dargestellte Objektiv 8 der Kamera
20 4 in einem separaten Kalibrierraum bspw. bei der Herstellung und Vorkonfektio-
nierung des Messsystems 1 aufgebaut. Das Objektiv 8 wird insbesondere im
Hinblick auf die Objektentfernung und die Blende auf die Verhältnisse beim
späteren Einsatz des Messsystems 1 eingestellt und die Kamera 4 in Betrieb
genommen. In der später geplanten Objektentfernung wird das Bild eines in der
25 Zeichnung nicht näher dargestellten Kalibrierkörpers bekannter Geometrie
aufgenommen und zur Durchführung der Kamerakalibrierung in an sich bekann-
ter Weise ausgewertet. Auf diese Weise werden die inneren Parameter der für
das Messsystem 1 verwendeten Kamera 4 mit dem entsprechenden Objektiv 8
bestimmt. Bei dieser nicht am späteren Montageort des Messsystems 1 durch-
30 geführten Kalibrierung der inneren Kameraparameter, welche auch Offsite-

Kalibrierung genannt wird, werden die inneren Kameraparameter 4 für eine bestimmte Kamera 4 mit einem bestimmten Objektiv 8 in vorgegebenen Aufnahmesituationen ermittelt. Die vor der Montage des Messsystems 1 im Labor ermittelbaren inneren Kameraparameter gelten für alle Kameras 4 des gleichen Typs sowie für andere Kameras und Objektive bei ausreichender Baugleichheit zu dem kalibrierten Kamerasystem aus Kamera 4 und Objektiv 8.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass die Kalibrierung der inneren Kameraparameter nicht bei dem in der Regel zeitkritischen Aufbau des Messsystems 1 am späteren Einsatzort erfolgen muss und es unter Laborbedingungen in der Regel einfacher ist, die inneren Kameraparameter mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln. Die Erfindung ist jedoch nicht auf die Durchführung des ersten Verfahrensschritts in der vorbeschriebenen Art und Weise beschränkt. In äquivalenter Weise kann der erste Verfahrensschritt auch nach einer festen Montage der zu installierenden Kamera 4 mit Objektiv 8 am Einsatzort, d.h. in einer sogenannten Onsite-Kalibrierung, erfolgen. Dazu wird ein Kalibrierkörper in der Nähe des Einsatzortes positioniert und die innere Kamerakalibrierung durchgeführt. Die Position des Kalibrierkörpers im Bezugskoordinatensystem muss nicht bekannt sein. Es ist hierfür also kein externes Messmittel erforderlich. Der Kalibrierkörper muss lediglich von der Kamera 4 erfasst und abgebildet werden. Nach Bestimmung der inneren Kameraparameter der Kombination aus Kamera 4 und Objektiv 8, welche grundsätzlich genauso abläuft wie bei der vorbeschriebenen Verfahrensvariante, wird der Kalibrierkörper entfernt. Diese Kalibrierung der inneren Kameraparameter erfordert zwar mehr Zeit beim Aufbau des Messsystems 1, führt qualitativ jedoch prinzipiell zu demselben Ergebnis. Bei dieser Variante können auch der erste und zweite Verfahrensschritt getauscht werden.

Nach der Montage der Kamera 4 des Messsystems 1 am endgültigen Montageort wird in einem zweiten Verfahrensschritt die Position 6 der Kamera 4 bestimmt, d.h. es werden die Koordinaten X_k , Y_k , Z_k der Kamera in dem Bezugs-

koordinatensystem 3 ermittelt. Dazu ist es möglich, die montierte Einheit aus Kamera 4 und Objektiv 8 insbesondere nach der Ausrichtung und Einstellung des Objektivs auf den gewünschten Bildbereich zur Aufnahme des Objektes 2 in dieser Ausrichtung zu belassen und an dem Gehäuse eine Messmarke 9 anzu-
5 bringen bzw. ein ausgezeichnetes, vorzugsweise insbesondere punktförmiges Merkmal des Kameragehäuses als Messmarke 9 zu verwenden. Durch eine externe Vermessung, bspw. mittels eines Lasertrackers oder Theodoliten, wird die Position dieser Messmarke 9 im Bezugskordinatensystem 3 genau be-
10 stimmt. Aufgrund der Kenntnis der Geometrie des Gehäuses der Kamera 4 und der Anordnung des Bildsensors relativ dazu, kann auf die relevante Kameraposition X_k , Y_k , Z_k geschlossen werden. Diese Vermessung der Kameraposition 6 hat den Vorteil, dass sie in dem vollständig fertig montierten Zustand der Kamera 4 erfolgen kann.

15 In einer Variante des zweiten Verfahrensschritts ist es auch möglich, das Objektiv 8 von der festmontierten Kamera 4 abzunehmen und eine Messmarke 9 in die genormte und hochgenaue Objektivaufnahme der Kamera 4 einzubringen. Auch in diesem Fall wird die Position dieser Messmarke 9 durch eine externe Vermessung bestimmt, wobei aufgrund der bekannten und konstanten Bezie-
20 hung zwischen der Messmarke 9 und dem Bildsensor in der Kamera 4 oder anderer Kamerabezugsmerkmale auf die Kameraposition rückgeschlossen werden kann.

Nach der externen Bestimmung der Position 6 der Kamera 4 im Raum muss die
25 Orientierung 7 der Kamera, d.h. die Ausrichtung des Objektivs 8, bestimmt werden. Dazu werden in einem dritten Verfahrensschritt Kamerabilder ausgewertet, um die Orientierung 7 der Kamera 4 im dreidimensionalen Bezugskordinatensystem 3 zu ermitteln.

Die Berechnung der Orientierung 7 der Kamera 4 im Raum bzw. allgemein äußerer Kameraparameter beruht auf der Lösung von Gleichungen der projektiven Abbildung. Dieser Ansatz wird Lochkameramodell genannt. Grundlage des Lochkameramodells ist die für alle Raumpunkte geltende Randbedingung, dass der Sehstrahl jedes Raumpunktes (X, Y, Z) durch das Projektionszentrum, welches durch das Loch der Lochkamera gebildet ist, laufen muss. Der Auftreffpunkt des Sehstrahls auf dem Bildsensor bestimmt dann die Bildkoordinaten X_b und Y_b . Für jeden Raumpunkt können dann zwei Gleichungen aufgestellt werden, die dem Strahlensatz folgen:

10

$$\frac{X_b}{f} = \frac{X_k}{Z_k} \quad (1) \text{ und}$$

$$\frac{Y_b}{f} = \frac{Y_k}{Z_k} \quad (2),$$

15

wobei f die Bildweite und X_k , Y_k , und Z_k , die Koordinaten des Raumpunktes im Kamerakoordinatensystem sind.

Für die Koordinaten des Raumpunktes im Kamerabezugskoordinatensystem gilt

20

$$X_k = T_k * X \quad (3),$$

25

wobei X_k die Koordinaten des Raumpunktes im Kamerabezugskoordinatensystem in vektorieller Darstellung, X die Koordinaten des Raumpunktes im Weltbezugssystem in vektorieller Darstellung und T_k eine Transformationsmatrix der Größe 4x4 (Darstellungen in homogenen Koordinaten) vom Kamerabezugssystem zum Weltbezugssystem ist.

Die Transformationsmatrix berechnet sich eindeutig aus den sechs Parametern X_k , Y_k , Z_k , Rx_k , Ry_k , Rz_k der äußeren Kameraparameter. Für das betrachtete

Verfahren sind die translatorischen Parameter der Kameraposition X_k , Y_k , Z_k , bekannt. Durch Vermessen nur eines Raumpunktes können aus den zwei Gleichungen die drei unbekanntes R_{x_k} , R_{y_k} , R_{z_k} also nicht bestimmt werden. Daher sind mindestens zwei Raumpunkte erforderlich, um aus den sich ergebenden vier Gleichungen (1) und (2) die drei Orientierungen, R_{x_k} , R_{y_k} , R_{z_k} berechnen zu können.

Dazu werden ein Messobjekt 2 bspw. in Form einer Karosse wie in Fig. 1 dargestellt am Messort positioniert und zwei oder mehr Messmerkmale 10, die im Kamerabild sichtbar sind, zur Bestimmung der Kameraorientierung 7 verwendet. Die Position der Messmerkmale 10 ist dabei im Bezugskordinatensystem 3 bekannt. Hierzu sind die folgenden Alternativen denkbar.

Die Position der Messmerkmale 10 kann in einem Objektkordinatensystem 11 mit den Koordinaten X_o , Y_o , Z_o (in vektorieller Darstellung \mathbf{X}_o) bestimmt werden. Zur Ermittlung der Messmerkmale 10 im Bezugskordinatensystem 3 muss in diesem Fall nur noch die Lage des Objektes 2 im Bezugskordinatensystem 3 bspw. durch externe Vermessung bestimmt werden. Die Positionsdaten der Messmerkmale 10 im Bezugskordinatensystem 3 berechnen sich dann aus der Beziehung

$$X = T_o * X_o \quad (4),$$

wobei T_o eine Transformationsmatrix der Größe 4X4 vom Bezugskordinatensystem 3 zu dem Objektkordinatensystem 11 ist.

Anstelle der Bestimmung der Positionsdaten der Messmerkmale 10 im Objektkordinatensystem 11 aus Konstruktionsdaten können diese auch durch eine Vermessung des Objektes 2 bspw. in einem Messhaus ermittelt werden. Da diese Positionen der Messmerkmale 10 des Objektes 2 in dem Objektkordina-

tensystem 11 oft ohnehin bekannt sind, ist es häufig einfacher, statt einer unmittelbaren Vermessung aller Messmerkmale 10 mit externen Messmitteln direkt im Bezugskoordinatensystem 3 nur die Lage des Objektes 2 einmal im Bezugskoordinatensystem 3 zu messen und wie dargestellt auf die Position der Messmerkmale 10 zurückzurechnen.

Statt zur Bestimmung der Orientierung 7 der Kamera 4 Messmerkmale 10 eines im Verfahrensablauf ohnehin verwendeten Objektes 2 zu verwenden, können auch spezielle Messmarken an einem beliebigen Messobjekt angebracht werden, deren Position entweder durch eine externe Vermessung direkt am Applikationsort oder durch eine vorherige Vermessung in einem Objektkoordinatensystem 11 und Vermessung der Position des Objektes 2 am Applikationsort erfolgen kann. Es kann alternativ auch ein separater Kalibrierkörper an dem Applikationsort eingesetzt werden, dessen Position im Bezugskoordinatensystem 3 bestimmt wird, aus welcher die Messmerkmale 10 im Bezugskoordinatensystem 3 abgeleitet werden können. Dies kann entweder aufgrund einer bekannten Geometrie des Kalibrierkörpers oder auch durch direkte Vermessung der Position der Messmerkmale erfolgen.

Durch die dreistufige Kalibrierung, deren Kalibrierschritte nicht zwangsläufig unmittelbar aufeinander folgen müssen, der in dem Messsystem 1 eingesetzten Kamera 4 können die inneren und äußeren Kameraparameter mit vergleichsweise wenig Aufwand ermittelt werden und die Einrichtung des Messsystems 1 in zeitoptimierter Weise erfolgen. Dies gilt insbesondere für die Verfahrensvariante, in der die inneren Parameter für das System aus Kamera 4 und Objektiv 8 in dem ersten Verfahrensschritt vor der Montage ermittelt und der Kamera 4 fest zugeordnet werden und bei dem der dritte Verfahrensschritt anhand von auf dem Objekt 2 vorhandenen Messmerkmalen durchgeführt wird, da es bei Inbetriebnahme einer Anlage ohnehin erforderlich ist, den Verfahrensablauf zu überprüfen und dabei das Objekt 4 genau zu vermessen. Anhand dieser Daten kann

dann die gesamte Kamerakalibrierung durchgeführt werden, ohne dass sich die Kalibrierung durch eigene Verfahrensschritte verzögert.

5 Diese Kalibrierung, insbesondere die Verfahrensschritte zwei und drei, kann auch im laufenden Betrieb ohne Unterbrechung einer Produktion für eine Rekalibrierung des Messsystems 1 durchgeführt werden.

Bezugszeichenliste:

5	1	Messsystem
	2	Objekt, Karosse
	3	Bezugs- bzw. Weltkoordinatensystem
	4	Kamera
	5	Bildkoordinatensystem
10	6	Position der Kamera
	7	Orientierung der Kamera
	8	Objektiv
	9	Messmarke
	10	(Mess-)Merkmal
15	11	Objektkoordinatensystem

Patentansprüche:

- 5 1. Verfahren zur Kalibrierung eines auf mindestens einer Kamera (4) basie-
renden Messsystems (1) zur Bestimmung der Lage eines Objekts (2) in einem
dreidimensionalen Bezugskordinatensystem (3), bei dem die äußeren und
inneren Kameraparameter in verschiedenen Schritten kalibriert werden und die
Position der Kamera (4) mit einem externen Messmittel bestimmt wird, **dadurch**
10 **gekennzeichnet**, dass das Verfahren in mindestens drei Verfahrensschritten
abläuft, wobei in einem ersten Verfahrensschritt die inneren Kameraparameter
einer bestimmten Kamera (4) ermittelt und dieser Kamera (4) fest zugeordnet
werden, in einem zweiten Verfahrensschritt die Position (6) der in dem Messsys-
tem montierten Kamera (4) bestimmt wird und in einem dritten Verfahrensschritt
15 die Orientierung (7) der Kamera (4) im dreidimensionalen Bezugskordinaten-
system (3) durch Auswertung von Kamerabildern ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste
Verfahrensschritt vor der Montage der Kamera (4) in dem Messsystem (1) statt-
20 findet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
Position (6) der Kamera (4) durch Vermessen eines ausgezeichneten Kamera-
punkts, der in bekannter Relation zu der Kamera (4) steht, bestimmt wird.
25
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch ge-
kennzeichnet**, dass zur Vermessung der Position (6) der Kamera (4) eine
Messmarke (9) an der Kamera (4) festlegbar ist.

– 20 –

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bestimmung der Orientierung (7) der Kamera (4) im Raum zwei oder mehr Merkmale (10) in einem Kamerabild erfasst werden, deren Positionen im Bezugskordinatensystem (3) bekannt sind.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Merkmale (10) Teil des Objekts (2) sind, dessen Lage vermessen werden soll.

10

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position der Merkmale (10) mit externen Messmitteln vermessen wird.

15

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Position der Merkmale (10) in einem Objektkordinatensystem (11) bekannt sind oder bestimmt werden und die Lage des Objekts (2) im Bezugskordinatensystem (3) bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Merkmale (10) ausgezeichnete Formelemente des Objekts (2) sind.

20

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Merkmale (10) durch ein auf einem Handhabungsgerät oder Roboter festgelegtes Merkmal gebildet werden, das kalibriert in das Kamerabild fahrbar ist und an mindestens zwei Positionen gemessen wird.

Fig.1

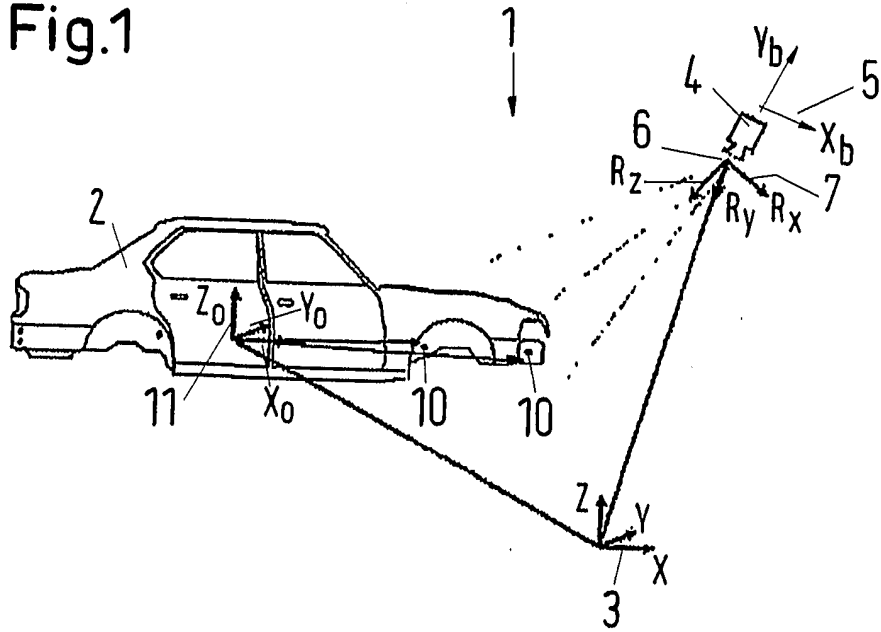


Fig.2

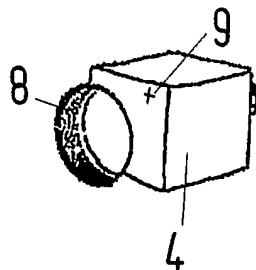
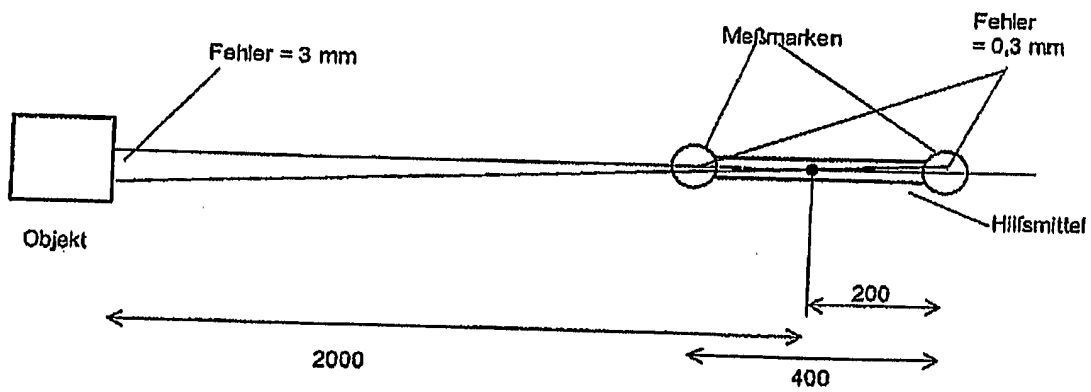


Fig.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/001084

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01B11/00 G06T7/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B G06T		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99/22281 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE; ARNOUL, PATRICK; GUERIN, JEAN-PIERR) 6 May 1999 (1999-05-06) page 7, lines 1-22	1-5,8
Y	page 23, line 14 - page 28, line 20	5,6,9
A	figures 1,7,9	7,10
Y	EP 1 213 683 A (MIXED REALITY SYSTEMS LABORATORY INC) 12 June 2002 (2002-06-12) page 1, lines 22-30 page 3, line 45 - page 4, line 57 page 7, line 45 - page 8, line 45 figures 1-10	5,6,9
A	EP 0 763 406 A (ISRA SYSTEMTECHNIK GMBH; ERSUE, ENIS) 19 March 1997 (1997-03-19) column 3, line 12 - column 4, line 49 figures 1-3	1-10
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date		"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 11 April 2006		Date of mailing of the international search report 21/04/2006
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Kunz, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/001084

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 143 221 A (VMT VISION MACHINE TECHNIC GMBH; TECMEDIC GMBH) 10 October 2001 (2001-10-10) cited in the application column 5, lines 13-51 figure 1 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2006/001084

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9922281	A	06-05-1999	CA 2275957 A1 DE 69806894 D1 DE 69806894 T2 EP 0948760 A1 ES 2181283 T3 FR 2770317 A1 JP 2001506369 T US 6594600 B1	06-05-1999 05-09-2002 13-03-2003 13-10-1999 16-02-2003 30-04-1999 15-05-2001 15-07-2003
EP 1213683	A	12-06-2002	JP 3467017 B2 JP 2002228442 A US 2002103617 A1	17-11-2003 14-08-2002 01-08-2002
EP 0763406	A	19-03-1997	DE 59507847 D1 DK 763406 T3 ES 2145194 T3 PT 763406 T	30-03-2000 24-07-2000 01-07-2000 31-08-2000
EP 1143221	A	10-10-2001	DE 10016963 A1	25-10-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/001084

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01B11/00 G06T7/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01B G06T		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 99/22281 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE; ARNOUL, PATRICK; GUERIN, JEAN-PIERR) 6. Mai 1999 (1999-05-06) Seite 7, Zeilen 1-22	1-5,8
Y	Seite 23, Zeile 14 - Seite 28, Zeile 20	5,6,9
A	Abbildungen 1,7,9	7,10
Y	EP 1 213 683 A (MIXED REALITY SYSTEMS LABORATORY INC) 12. Juni 2002 (2002-06-12) Seite 1, Zeilen 22-30 Seite 3, Zeile 45 - Seite 4, Zeile 57 Seite 7, Zeile 45 - Seite 8, Zeile 45 Abbildungen 1-10	5,6,9
A	EP 0 763 406 A (ISRA SYSTEMTECHNIK GMBH; ERSUE, ENIS) 19. März 1997 (1997-03-19) Spalte 3, Zeile 12 - Spalte 4, Zeile 49 Abbildungen 1-3	1-10
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
11. April 2006		21/04/2006
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Kunz, L

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 143 221 A (VMT VISION MACHINE TECHNIC GMBH; TECMEDIC GMBH) 10. Oktober 2001 (2001-10-10) in der Anmeldung erwähnt Spalte 5, Zeilen 13-51 Abbildung 1 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/001084

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9922281	A	06-05-1999	CA 2275957 A1	06-05-1999
			DE 69806894 D1	05-09-2002
			DE 69806894 T2	13-03-2003
			EP 0948760 A1	13-10-1999
			ES 2181283 T3	16-02-2003
			FR 2770317 A1	30-04-1999
			JP 2001506369 T	15-05-2001
			US 6594600 B1	15-07-2003
EP 1213683	A	12-06-2002	JP 3467017 B2	17-11-2003
			JP 2002228442 A	14-08-2002
			US 2002103617 A1	01-08-2002
EP 0763406	A	19-03-1997	DE 59507847 D1	30-03-2000
			DK 763406 T3	24-07-2000
			ES 2145194 T3	01-07-2000
			PT 763406 T	31-08-2000
EP 1143221	A	10-10-2001	DE 10016963 A1	25-10-2001