

(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
22. Mai 2008 (22.05.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/058788 A1

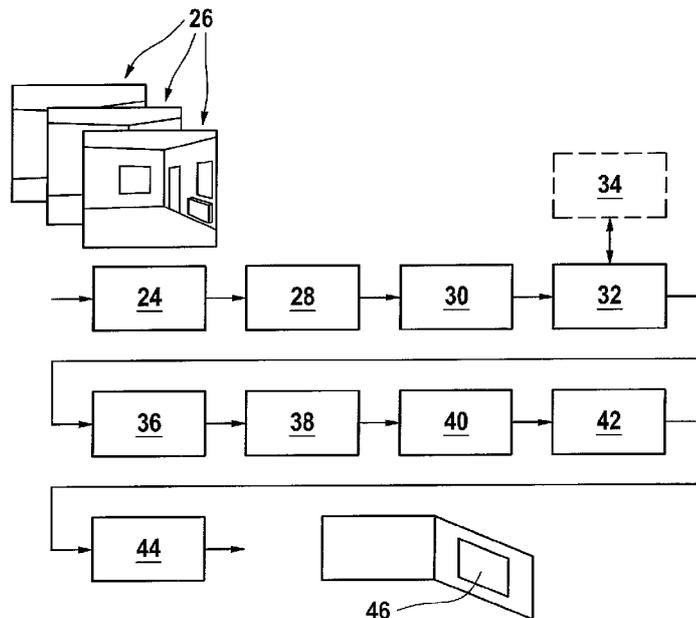
- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01C 11/02 (2006.01) **G01C 15/00** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/059867
- (22) Internationales Anmeldedatum:
19. September 2007 (19.09.2007)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2006 054 324.6
17. November 2006 (17.11.2006) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **NIEM, Wolfgang** [DE/DE]; Hohenstaufenring 75, 31141 Hildesheim (DE).

- ABRAHAM, Steffen** [DE/DE]; Kronprinzenstr. 3, 31134 Hildesheim (DE). **NIEHSEN, Wolfgang** [DE/DE]; Am Schoeneberg 18, 31162 Bad Salzdetfurth (DE). **BROSCHKE, Thomas** [DE/DE]; Leharstr. 12, 70195 Stuttgart (DE). **JACKISCH, Sebastian** [DE/DE]; Seestr. 63, 71638 Ludwigsburg (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR IMAGE-BASED MEASUREMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BILDBASIERTEN VERMESSUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for the image-based measurement of a room, in which individual recordings of the room are provided, wherein at least one distance measurement (30) to at least one reference point in the room is carried out for each individual recording, and in which image processing for providing a full coherent recording of the room from the individual recordings is coupled to distance measurements (30) which are carried out.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/058788 A1



(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,

MT, 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

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur bildbasierten Vermessung eines Raums, bei dem Einzelaufnahmen des Raums bereitgestellt werden, wobei für jede Einzelaufnahme mindestens eine Entfernungsmessung (30) zu mindestens einem Referenzpunkt im Raum durchgeführt wird, und bei dem eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme des Raums aus den Einzelaufnahmen mit durchgeführten Entfernungsmessungen (30) gekoppelt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zur bildbasierten Vermessung

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur bildbasierten Vermessung eines Raums, ein Messgerät und eine Messeinrichtung zur bildbasierten Vermessung eines Raums sowie ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt.

Stand der Technik

15

Eine automatische dreidimensionale Vermessung von Räumen ist für Handwerker und Architekten von großem Interesse, da auf diese Weise ein Ist-Zustand von Räumen schnell erfasst und anstehende Arbeiten geplant werden können. Mit einer derartigen Vermessung kann ein Aufbau von Küchen, ein Einbau von Fenstern, eine Planung von Malerarbeiten, eine Erstellung von CAD-Daten usw. unterstützt werden.

20

Heute verfügbare Systeme gliedern sich in handgehaltene, einpunktmessende Geräte, wie das BOSCH DLE 150, in stationäre 3D-Scanner und in stationäre halbautomatische Photo-Tachymeter, mit denen eine Photogrammetrie durchführbar ist.

25

Bei den handgehaltenen Geräten ist ein Abtragen von vorgegebenen Maßen, eine Minimum-Messung zur Ermittlung einer kürzesten Entfernung, z.B. einer Waagerechten von Wand zu Wand, eine Maximum-Messung zur Ermittlung einer größten Entfernung, z.B. einer Diagonalen eines Raums, und eine indirekte Längenmessung zur Ermittlung von Entfernungen, die nicht direkt gemessen werden können, z.B. eine Höhe einer Hauswand, möglich.

30

Aus der Forschung sind bildbasierte Verfahren („structure-from-motion" oder VSLAM) bekannt, die Ansätze zur gleichzeitigen Bestimmung von Form und Kameraposition aus

Kamerabildern erlauben. Die erreichbaren Rekonstruktionsgenauigkeiten sind hierbei aber nicht ausreichend.

Offenbarung der Erfindung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur bildbasierten Vermessung eines Raums, bei dem Einzelaufnahmen des Raums bereitgestellt werden. Für jede Einzelaufnahme wird mindestens eine Entfernungsmessung zu mindestens einem Referenzpunkt im Raum durchgeführt. Eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme des Raums aus den Einzelaufnahmen wird bei dem Verfahren mit durchgeführten Entfernungsmessungen gekoppelt.

10

Ergänzend kann bei einer Ausführung des Verfahrens für mindestens eine Einzelaufnahme mindestens eine kinematische Größe eines Messgeräts, mit dem die Einzelaufnahmen bereitgestellt werden, gemessen und mit der Bildverarbeitung gekoppelt werden. Als kinematische Größe kann z. B. eine Drehrate, Trägheit oder Bewegung des Messgeräts bestimmt werden.

15

Demnach werden die Einzelaufnahmen aus verschiedenen Positionen des Raums bereitgestellt. Über die vorgesehene Entfernungsmessung oder Messung der kinematischen Größe kann für jede Einzelaufnahme die jeweilige Position bestimmt werden. Bei der Bildverarbeitung kann die zusammenhängende Gesamtaufnahme des Raums unter Berücksichtigung jeweiliger Positionen aus den Einzelaufnahmen bereitgestellt werden.

20

25

Zum Bestimmen der jeweiligen Position wird in einer Variante des Verfahrens ein Standort, eine Koordinate oder eine Punkt im Raum, von dem aus die jeweilige Einzelaufnahme bereitgestellt wird, bestimmt. Dabei kann der Standort über mindestens eine Entfernungsmessung bestimmt werden. Alternativ oder ergänzend kann zum Bestimmen der jeweiligen Position eine insbesondere vektorielle Ausrichtung oder Orientierung im Raum, von der aus die jeweilige Einzelaufnahme bereitgestellt wird, bestimmt werden. Über die Position und insbesondere die Ausrichtung wird eine Perspektive eines in einer Einzelaufnahme dargestellten Bereichs des Raums bzw. eine Perspektive, von der aus die Einzelaufnahme gemacht wird, festgelegt. Zudem kann in

30

einer weiteren Ausgestaltung die jeweilige Position relativ zu mindestens einem Referenzpunkt als Referenz im Raum bestimmt werden.

Das Verfahren kann in Ausgestaltung mit einem Messgerät, das eine Kamera und
5 mindestens eine Positionsbestimmungseinrichtung aufweist, ausgeführt werden. Zum Bestimmen der jeweiligen Position ist vorgesehen, dass ein Standort der Kamera bspw. durch die mindestens eine Entfernungsmessung und eine Ausrichtung der Kamera, insbesondere eine Ausrichtung eines Objektivs der Kamera, mit der mindestens einen Positionsbestimmungseinrichtung bestimmt wird.

10 Die jeweilige Position des Messgeräts und somit der Kamera wird bspw. mittels der mindestens einen Positionserfassungseinrichtung relativ zu dem mindestens einen Referenzpunkt im Raum bestimmt. Demnach wird zur Bestimmung des Standorts sowie der Ausrichtung ebenfalls der mindestens einen Referenzpunkt berücksichtigt. Bei dem
15 mindestens einen Referenzpunkt kann es sich um ein gegebenes charakteristisches Element des Raums oder um eine zur Durchführung der Vermessung extra bereitgestellte Markierung im Raum handeln.

Bei einer Ausführung der Erfindung werden mit dem dabei realisierten Messkonzept
20 Annahmen über ebene Flächen ausgenutzt, somit können Positionen über mehrere in einer Fläche liegende Referenzpunkte bestimmt werden.

In weiterer Ausgestaltung wird zwischen zwei Einzelaufnahmen, die insbesondere von einem Standort aus gemacht werden, als kinematische Größe mit mindestens einem
25 kinematischen Sensor eine Trägheit und/oder Bewegung, bspw. eine Drehung oder Verschwenkung, des Messgeräts und insbesondere der Kamera erfasst. Somit ist es möglich, zwischen Einzelaufnahmen relative räumliche Beziehungen herzustellen und somit Einzelaufnahmen zusammenhängend zu erfassen.

30 Die Erfindung betrifft außerdem Messgerät zur bildbasierten Vermessung eines Raums, das eine Kamera und mindestens eine Positionserfassungseinrichtung umfasst. Dabei ist die Kamera dazu ausgebildet, Einzelaufnahmen des Raums bereitzustellen. Die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung ist dazu ausgebildet, für jede Einzelaufnahme eine Entfernungsmessung zu mindestens einem Referenzpunkt im Raum

durchzuführen. Es ist vorgesehen, dass eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme aus den Einzelaufnahmen mit durchgeführten Entfernungsmessungen zu koppeln ist.

5 Somit können mit der Kamera in Ausgestaltung des Messgeräts aus verschiedenen Positionen Einzelaufnahmen des Raums bereitgestellt werden. Die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung ist in dieser Ausgestaltung bspw. dazu geeignet, für jede Einzelaufnahme die jeweilige Position zu bestimmen. Aus den Einzelaufnahmen kann bei der Bildverarbeitung unter Berücksichtigung jeweiliger Positionen die
10 zusammenhängende Gesamtaufnahme des Raums bereitgestellt werden, so dass in diesem Fall die über Entfernungsmessungen erfassten Positionen mit der Bildverarbeitung gekoppelt werden.

Bei dem Messgerät ist in einer Variante die mindestens eine
15 Positionserfassungseinrichtung zu der Kamera kalibriert. Dabei kann die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung als Entfernungsmesser oder Entfernungsmesseinheit und/oder als kinematischer Sensor ausgebildet sein. Üblicherweise weist das Messgerät einen oder mehrere optische Entfernungsmesseinheiten und mindestens einen kinematischen Sensor, über den eine Veränderung der Position und insbesondere einer
20 Anordnung des Messgeräts bspw. dynamisch erfasst werden kann, auf.

Die erfindungsgemäße Messeinrichtung dient zur bildbasierten Vermessung eines Raums und weist eine Kamera, mindestens eine Positionserfassungseinrichtung und eine Recheneinheit auf. Dabei ist die Kamera dazu ausgebildet, Einzelaufnahmen des Raums
25 bereitzustellen. Die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung ist dazu geeignet, für jede Einzelaufnahme mindestens eine Entfernungsmessung zu mindestens einem Referenzpunkt im Raum durchzuführen. Die Recheneinheit ist dazu ausgebildet, eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme aus den Einzelaufnahmen mit durchgeführten Entfernungsmessungen zu koppeln.

30 Bei einer möglichen Verwendung des Messeinrichtung werden mit der Kamera aus verschiedenen Positionen Einzelaufnahmen des Raums bereitgestellt. Mit der mindestens einen Positionserfassungseinrichtung kann für jede Einzelaufnahme die jeweilige Position bestimmt werden. Die Bildverarbeitung ist insbesondere mit der Recheneinheit

durchführbar, wobei mit der Recheneinheit aus den Einzelaufnahmen unter Berücksichtigung jeweiliger Positionen und somit unter Berücksichtigung von jeweiligen Entfernungen des Messgeräts von den Referenzpunkten und somit bspw. von Orientierungspunkten die zusammenhängende Gesamtaufnahme des Raums bereitzustellen ist.

Diese erfindungsgemäße Messeinrichtung umfasst demnach das erfindungsgemäße Messgerät sowie die Recheneinheit, die zur Bereitstellung der Gesamtaufnahme, die aus einem Bildverband der Einzelbilder zusammenzustellen ist, vorgesehen ist.

Die Erfindung betrifft zudem ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer erfindungsgemäßen Messeinrichtung, ausgeführt wird.

Die Erfindung betrifft des weiteren ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer erfindungsgemäßen Messeinrichtung, ausgeführt wird.

Das vorgestellte Verfahren dient insbesondere zur bildbasierten dreidimensionalen Vermessung des Raums. Eine mit dem Verfahren regelmäßig verbundene Bildverarbeitung umfasst sämtliche Schritte von der Bereitstellung der Einzelaufnahmen bis zur Gesamtaufnahme durch eine Kamera, wobei für jede Einzelaufnahme durch Kalibrierung eine jeweilige Position und somit Anordnung der Kamera im Raum durch Entfernungsmessung bestimmt wird.

Die Recheneinheit wirkt mit dem Messegerät zusammen und ist mit dem Messgerät bspw. über ein Verbindungsmodul drahtgebunden oder drahtlos verbunden. Das Messgerät und Recheneinheit können jedoch auch in der Messeinrichtung vereint sein.

Mit der Erfindung ist bei einer Anwendung eine bildbasierte dreidimensionale Vermessung eines Raums möglich, wobei mehrere Einzelaufnahmen, Einzelbilder oder

Einzelansichten bei Kopplung der Entfernungsmessungen mit der Bildverarbeitung miteinander verknüpft werden. Verknüpfungen zwischen Einzelaufnahmen können dabei bspw. über vergleichende Bestimmung jeweiliger Positionen, von denen aus die Einzelaufnahmen gemacht oder angefertigt werden, bereitgestellt werden. Durch eine Zuordnung jeweils einer Einzelaufnahme zu einer Position im Raum können relative geometrische Unterschiede bspw. über Entfernungsmessungen zwischen einzelnen Positionen, durch die ebenfalls Referenzpunkte festgelegt sein können, bestimmt werden. Diese relativen geometrischen Unterschiede betreffen bspw. unterschiedliche Koordinaten für jeweilige Standorte sowie vektorielle Unterschiede zwischen unterschiedlichen Ausrichtungen, bei denen Einzelaufnahmen bereitgestellt werden.

In einer weiteren Variante kann eine Registrierung von Einzelmessungen von unterschiedlichen Positionen und somit von unterschiedlichen Standorten aus erfolgen, wobei auf Grundlage von Einzelmessungen für Einzelansichten die Einzelaufnahmen angefertigt werde.

Mit einer geeigneten Sensorkonstellation kann die Kamera relativ zu der mindestens einen Positionserfassungseinrichtung und somit zu mindestens einem Entfernungsmesser sowie mindestens einem Sensor kalibriert werden. Eine relative Kalibrierung einzelner Komponenten des Messgeräts wird üblicherweise durch eine Grund- oder Werkseinstellung festgelegt, es kann jedoch vorgesehen sein, dass insbesondere durch einen Nutzer des Messgeräts eine neue Kalibrierung der Komponenten durchgeführt werden kann.

Im Rahmen einer Ausgestaltung der Erfindung erfolgt eine Kopplung einer Bildverarbeitung mit einer insbesondere mit einem als Laserentfernungsmesser ausgebildeten Entfernungsmesser und einer ergänzenden Positionsbestimmung, die über eine Trägheits-, Drehraten-, Beschleunigungs- und/oder Lagesensorik als kinematische Sensorik bzw. kinematischer Sensor erfolgen kann.

Mit dem Verfahren ist in Ausgestaltung eine Erfassung eines Innenraums eines Gebäudes möglich, alternativ oder ergänzend können auch Objekte, bspw. Gebäude oder Körper, als Bestandteile des Raums erfasst werden.

Mit der Erfindung wird insbesondere ein handgehaltenes Messgerät zur intelligenten bildbasierten 3D-Vermessung bereitgestellt.

5 Die erfindungsgemäße Messeinrichtung, das erfindungsgemäße Messgerät sowie das beschriebene Verfahren ermöglichen eine zusammenhängende, hinreichend genaue Vermessung eines Raumes aus mehreren Positionen und somit Einzelansichten. Ein Ergebnis einer derartigen Vermessung kann beispielsweise in einem 3D-CAD-Modell dargestellt werden. Mit der Erfindung können Einzelansichten robust und zuverlässig automatisch verknüpft werden, wobei für Vermessungen eine Genauigkeit von weniger
10 als einem Zentimeter erreicht werden kann.

In Ausgestaltung wird mit dem handgehaltenen Messgerät als eine Komponente der Messeinrichtung eine zusammenhängende dreidimensionale Vermessung und insbesondere Raumvermessung funktionell ermöglicht. Dabei beschreibt das Verfahren
15 u.a. ein Messkonzept, das eine robuste und genaue Registrierung von Einzelmessungen von unterschiedlichen Positionen oder Positionierungen und somit Standorten sowie Orientierungen der Kamera erlaubt.

Die vorgeschlagene Erfindung basiert in Ausgestaltung auf einem Messgerät bzw. einem
20 Messsystem, das eine Kamera, mindestens eine relativ zur Kamera kalibrierbaren Entfernungsmesser, bspw. mindestens einen einstrahligen Laserentfernungsmesser, sowie kinematische Sensoren, wie Trägheits-, Beschleunigungs-, Drehraten- und/oder Lagesensoren, umfasst. Eine Software zur Auswertung von Messdaten kann auf der Recheneinheit, bspw. einem Laptop oder PDA, realisiert werden, die bspw. drahtlos über
25 BlueTooth oder WLAN an das Messgerät angebunden ist. Somit umfasst die erfindungsgemäße Messeinrichtung üblicherweise das Messgerät sowie die Recheneinheit, die miteinander zusammenwirken.

Mit einer derartigen Konstellation von Positionserfassungseinrichtungen wird eine
30 Messeinrichtung bereitgestellt, die für Innenräume mit planaren Bereichen eine robuste und einfache dreidimensionale Rekonstruktion erlaubt. Damit steht u.a. ein Messgerät zur Verfügung, das kostengünstig hergestellt werden kann.

Typischerweise weisen zu vermessende Räume und somit auch Objekte nur wenige genau vermessbare Referenzpunkte, insbesondere Orientierungspunkte, auf, die zur Erfassung von Räumen geeignet sind. Mit der Erfindung ist auch in solchen Fällen ein Vermessen von Räumen möglich.

5

Bei einer Ausführung der Erfindung werden mit dem dabei realisierten Messkonzept zur Bereitstellung von Einzelaufnahmen mit der Kamera ebene Flächen erfasst. Dabei ist bspw. vorgesehen, dass von einer ebenen Fläche und somit von einem Bereich des Raums mehrere Einzelaufnahmen gemacht und somit bereitgestellt werden. Dabei werden die Einzelaufnahmen der einen ebenen Fläche, bspw. einer Innen- oder Außenwand, eines Bodens oder einer Decke, unter verschiedenen Positionen der Kamera relativ zu dieser Fläche bereitgestellt. Außerdem kann zu jeweils mindestens einem Referenzpunkt auf der Fläche eine Entfernung und somit eine Entfernung zu der Fläche gemessen werden.

10

15

Unterschiede zwischen diesen verschiedenen Positionen der Kamera, womit verschiedene Anordnungen und Ausrichtungen der Kamera und insbesondere verschiedene Ausrichtungen eines bilderfassenden Objektivs der Kamera umfasst sind, werden durch die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung und somit durch den Entfernungsmesser sowie bspw. kinematische Sensoren anhand der Referenzpunkte im Raum bestimmt. Somit ist es möglich, unterschiedliche Perspektiven, von denen ausgehend die Einzelaufnahmen aufgenommen werden, zu bestimmen. Dies kann u. a. bedeuten, dass jeweils mindestens zwei Einzelaufnahmen unter Berücksichtigung perspektivischer Unterschiede auch durch Entfernungsmessungen in ein räumliches Verhältnis zueinander gesetzt werden können. Mit derartigen Informationen, die eine räumliche Anordnung von Einzelaufnahmen zueinander betreffen, können die Einzelaufnahmen für einzelne Bereiche des Raums zu der Gesamtaufnahme für den gesamten Raum zusammengesetzt werden.

20

25

30

Somit wird bei einer Erfassung und somit Vermessung kooperativer Räume mit ebenen Flächen in der Regel nur ein geringer Zeitaufwand benötigt.

Das Messgerät ist leicht zu tragen und handgeführt einsetzbar, d. h. dass das Messgerät nur einen geringen apparativen Aufwand sowie geringe Kosten innerhalb der gesamten Messeinrichtung erfordert.

Eine Auswertung und Berechnung von Messwerten für Entfernungen und kinematische Größen, die aus den verschiedenen Positionen zu erfassen sind, ist auf der Recheneinheit möglich. Das Messgerät und die Recheneinheit können entweder drahtgebunden oder drahtlos, z.B. durch Anbindung über BlueTooth miteinander verbunden sein und somit Messwerte und/oder Messdaten allgemein untereinander austauschen und somit miteinander wechselwirken. Ein CAD-Modell des Objekts und des Raums kann mit der Messeinrichtung relativ einfach als Datei, Dokument oder als Darstellung auf einer Anzeigeeinrichtung ausgegeben werden.

10

Das Messgerät oder die Messeinrichtung kann bei einer denkbaren Anwendung als ein Werkzeug eingesetzt werden.

15

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

20

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

25

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

30

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Messeinrichtung.

Figur 2 zeigt ein Diagramm zu einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung zur Handhabe einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Messgeräts bei einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

5 Ausführungsformen der Erfindung

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Messeinrichtung 2. Diese erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Messeinrichtung 2 umfasst eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Messgeräts 4 sowie eine hier als PDA ausgebildete Recheneinheit 6. Das Messgerät 4 weist eine Kamera 8 mit einem Objektiv 10, zwei
10 Positionserfassungseinrichtungen, nämlich einen mehrstrahligen Laserentfernungsmesser 12 sowie einen kinematischen Sensor 14 auf. Dieser Sensor 14 ist dazu ausgebildet, bei einer Änderung der Position des Messgeräts 4 eine Beschleunigung, Drehrate sowie die Lage des Messgeräts 4 zu bestimmen. Sämtliche erwähnte Komponenten des Messgeräts 4, also die Kamera 8, der Laserentfernungsmesser 12 sowie der Sensor 14, sind innerhalb eines Gehäuses 16 des Messgeräts 4 angeordnet. An dem Gehäuse 16 ist des weiteren ein Griff 18 befestigt, über den das Messgerät 4 handgehalten transportiert und geeignet positioniert werden kann.
15

20 Das Messgerät 4 ist dazu ausgebildet, einen Raum 20 aus verschiedenen Positionen zu erfassen. Dabei ist vorgesehen, dass ausgehend von jeder Position mit der Kamera 8 eine Einzelaufnahme zumindest eines Bereichs des Raums 20 bereitgestellt wird. Die jeweilige Position des Messgeräts 4 im Raum 20 wird über
25 Positionserfassungseinrichtungen, also hier mit dem Laserentfernungsmesser 12 und dem kinematischen Sensor 14, bereitgestellt. Dabei ist die jeweilige Position des Messgeräts 4 durch den Standort des Messgeräts 4 sowie die Ausrichtung des Messgeräts 4 und insbesondere des Objektivs 10 relativ im Raum 20 bestimmt.

30 Für jede Einzelaufnahme wird mit dem Laserentfernungsmesser 12 bei einer Entfernungsmessung ein Abstand des Messgeräts 4 zu einem Referenzpunkt im Raum 20 bestimmt. Die Ausrichtung der Kamera 8 kann unter Bestimmung der Beschleunigung, der Drehrate sowie der Lage des Messgeräts 4 im Raum 20 durch den kinematischen Sensor 14 bestimmt werden. Es ist bspw. möglich, von einem Standort aus zwei

unterschiedliche Einzelaufnahmen des Raums 20 bereitzustellen, wobei in diesem Fall vorgesehen ist, dass das Messgerät 4 bei Beibehaltung des Standorts für jede der beiden Einzelaufnahmen unterschiedlich ausgerichtet wird. Dabei wird eine hierzu vorzunehmende Drehung der Kamera 8 durch den kinematischen Sensor 14 bestimmt, so dass die unterschiedlichen Ausrichtungen und somit Positionen des Messgeräts 4 und insbesondere des Objekts 10 der Kamera 8 erfasst werden.

In der vorliegenden Ausführungsform sind das Messgerät 4 und die Recheneinheit 6 über eine Leitung 22 miteinander verbunden. Bilddaten der Einzelaufnahmen des Raums 20 sowie Positionsdaten sind miteinander verknüpft. Die Positionsdaten werden u.a. durch Entfernungsmessungen bestimmt und von den Positionserfassungseinrichtungen bereitgestellt. Die Bilddaten sowie die Positionsdaten werden über die Leitung 22 zu der Recheneinheit 6 übertragen. Die Recheneinheit 6 ist dazu ausgebildet, aus den Einzelaufnahmen des Raums unter Berücksichtigung der zu den Einzelaufnahmen zugehörigen jeweiligen Positionen des Messgeräts 4 im Raum eine aus mehreren Einzelaufnahmen räumlich zusammenhängende, aus den Einzelaufnahmen zusammengesetzte Gesamtaufnahme des Raums 20 bereitzustellen. Bei einer hierzu durchzuführenden Bildverarbeitung der Einzelaufnahmen werden die Entfernungsmessungen mit dieser Bildverarbeitung gekoppelt.

Figur 2 zeigt ein Diagramm zu einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens und somit einen prinzipiellen Ablauf einer 3D-Raumvermessung. Dieses Verfahren zur 3D-Raumvermessung umfasst in vorliegender Ausführungsform folgende Schritte: ein mehrfaches Anvisieren 24 von Bereichen 26 des Raums bzw. unterschiedlichen Raumbereichen und damit umfassten Objekten, eine automatische Auswahl und Lokalisierung 28 von Merkmalen, eine Entfernungsmessung 30 anhand mehrerer Referenzpunkte, eine Lageänderungsmessung 32 mittels einer Trägheits-, Beschleunigungs- Drehraten- und Lagesensorik, die zur Stabilisierung der Merkmalszuordnung und einer Benutzerführung 34 herangezogen werden kann, eine Zuordnung 36 von Bildmerkmalen über einen Bildverbund und eine Registrierung 38 von Einzelbildern bzw. Einzelaufnahmen. Optional ist eine Klassifikation 40 von Bildbereichen, bspw. Fenstern oder Türen, im Raum vorzunehmen, eine 3D-Rekonstruktion 42 und somit eine 3D-Vermessung sowie eine Aufarbeitung 44 für ein CAD-Programm zur Erfassung eines Objekts 46, hier eines Fensters, ist in der

vorliegenden Ausführungsform als abschließender Schritt vorgesehen. Bei dieser Aufarbeitung 44 erfolgt durch Zusammensetzen der Einzelaufnahmen auch eine Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme.

5 Die ersten vier Schritte der anhand von Figur 2 beschriebenen Ausführungsform des Verfahrens, nämlich das Anvisieren 24 von Bereichen 26 des Raums, die Auswahl und Lokalisierung 28 von Merkmalen, die Entfernungsmessung 30 sowie die Lageänderungsmessung 32 werden für alle Einzelaufnahmen durchgeführt. Die weiteren Schritte, nämlich die Zuordnung 36 von Bildmerkmalen, die Registrierung 38 von
10 Einzelaufnahmen, die Klassifikation 40 von Bildbereichen, die dreidimensionale Rekonstruktion 42 und die abschließende Aufarbeitung 44 werden einmal für einen gesamten Bildverbund, der die Einzelaufnahmen umfasst, abgearbeitet.

Eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung der Gesamtaufnahme umfasst diese weiteren
15 Schritte dieser Ausführungsform des Verfahrens. Es ist vorgesehen, dass die Bildverarbeitung mit der Entfernungsmessung 30 gekoppelt wird.

Für die robuste Zuordnung der Einzelaufnahmen wird in der hier beschriebenen Ausführungsform ein mehrstrahliger Laserentfernungsmesser verwendet, der auf eine
20 ebene Wand des Raums gerichtet wird und somit über eine sich aus der Entfernungsmessung 30 ergebenden Positionsbestimmung eine robuste Zuordnung einzelner Einzelaufnahmen zu der Gesamtaufnahme erlaubt. Der Laserentfernungsmesser ist dabei von einer Werkskalibrierung ausgehend relativ zu einem von der Kamera erfassten Bereich oder Ausschnitts des Raums kalibriert.

25 Figur 3 zeigt in schematischer Darstellung einen Raum 48 mit einer Wand 50. Dieser Raum 48 umfasst mehrere ursprünglich vorgegebene Referenzpunkte oder Landmarken und somit Orientierungspunkte 52 innerhalb des Raums 48, die hier durch Kreuze dargestellt sind. Die Darstellung zeigt des weiteren eine zweite Ausführungsform eines
30 Messgeräts 54, dass hier zweimal, nämlich an einer ersten Position 56 sowie an einer zweiten Position 58 innerhalb des Raums 48 angeordnet, dargestellt ist.

Diese beiden Positionen 56, 58 des Messgeräts 54 sind durch zwei verschiedene Standorte des Messgeräts 54 sowie verschiedene Ausrichtungen des Messgeräts 54 und

insbesondere verschiedene Ausrichtungen eines Objektivs 60 einer Kamera des Messgeräts 54 bestimmt. Die unterschiedlichen Ausrichtungen bei den beiden Positionen 56, 58 sind in Figur 3 dadurch erkennbar, dass das Messgerät 54 unter verschiedenen Winkeln relativ zu der Wand 50 gedreht ist.

5

Zur Bereitstellung jeweils einer Einzelaufnahme ausgehend von jeweils einer der beiden Positionen 56, 58 ist zunächst vorgesehen, dass das Messgerät 54 und somit das Objektiv 60 der Kamera an einem jeweiligen Standort derart ausgerichtet wird, dass als Entfernungsmesspunkte 62 vorgesehenen Referenzpunkte, die in Figur 3 durch Punkte dargestellt sind, auf einer Oberfläche der Wand 56 liegen. Ausgehend von der jeweiligen Position 56, 58 werden in dieser Ausführungsform mit mehreren als Laserentfernungsmesser ausgebildeten Entfernungsmessern des Messgeräts 54 bei Entfernungsmessungen Entfernungen der jeweiligen Position 56, 58 und somit des jeweiligen Standorts des Messgeräts 54 zu den Entfernungsmesspunkten 62 gemessen, was in Figur 3 durch die strichpunktierten Messlinien dargestellt ist.

10

15

Danach ist vorgesehen, dass das Messgerät 54 um einen Mindestbewegungsvektor bewegt wird, so dass für jede Position 56, 58 eine geeignete Ausrichtung des Objektivs 60 der Kamera des Messgeräts 54 eingestellt wird. Über den Mindestbewegungsvektor wird ein Basisabstand für eine an einer späteren Auswertung erfolgende Triangulation bereitgestellt. Des weiteren wird der Mindestbewegungsvektor grob über eine Beschleunigungssensorik sowie eine Lagesensorik des Messgeräts 54 abgeschätzt. Bei einer möglichen Unterschreitung des Mindestbewegungsvektors ist vorgesehen, dass ein geeigneter Hinweis an einen Nutzer des Messgeräts 54 übermittelt wird.

20

25

In einem weiteren Schritt werden hier zwei von den beiden Positionen 56, 58 ausgehend überlappende Einzelaufnahmen von der Wand 50 gemacht. Dabei wird eine erste Einzelaufnahme ausgehend von der ersten Position 56 und eine zweite Einzelaufnahme ausgehend von der zweiten Position 58 bereitgestellt, wobei die Entfernungsmesspunkte 62 auf der Oberfläche der Wand 50 angeordnet sind und somit zu liegen kommen. Zu einer jeweiligen Einzelaufnahme wird außerdem eine jeweilige Entfernung des Messgeräts 54 zu der Wand 50 gemessen.

30

Zusätzlich ist vorgesehen, dass automatisch Orientierungspunkte 54 innerhalb einer jeweiligen Einzelaufnahme extrahiert werden und automatisch einer Orientierungspunktzuordnung zugeführt werden. Nachfolgend wird jeweils die Position 56, 58 des Messgeräts 54 bezüglich der Wand 50 berechnet. Diese Positionen 56, 58
5 umfassen den jeweiligen Standort sowie die Ausrichtung bzw. Orientierung des Objektivs 60 der Kamera. Somit ist es möglich, eine genaue Stereobasis für zwei überlappende Einzelaufnahmen bereitzustellen.

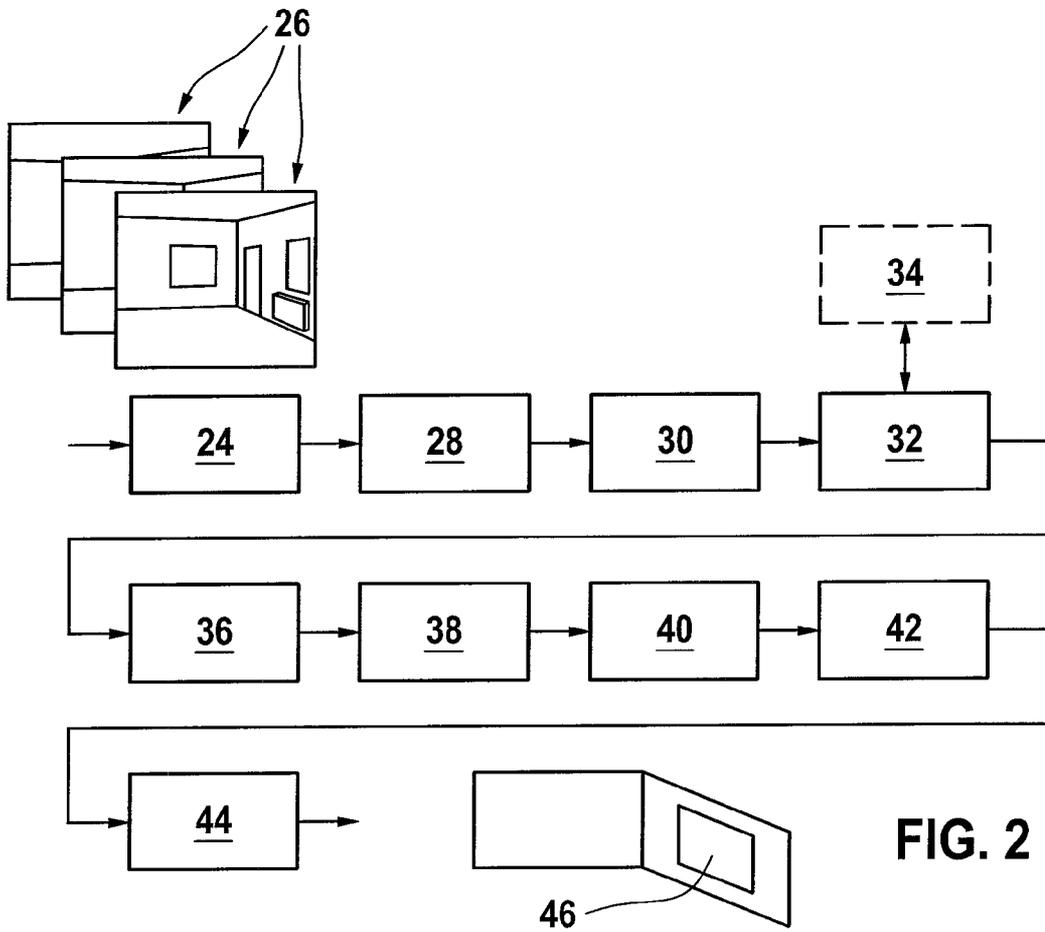
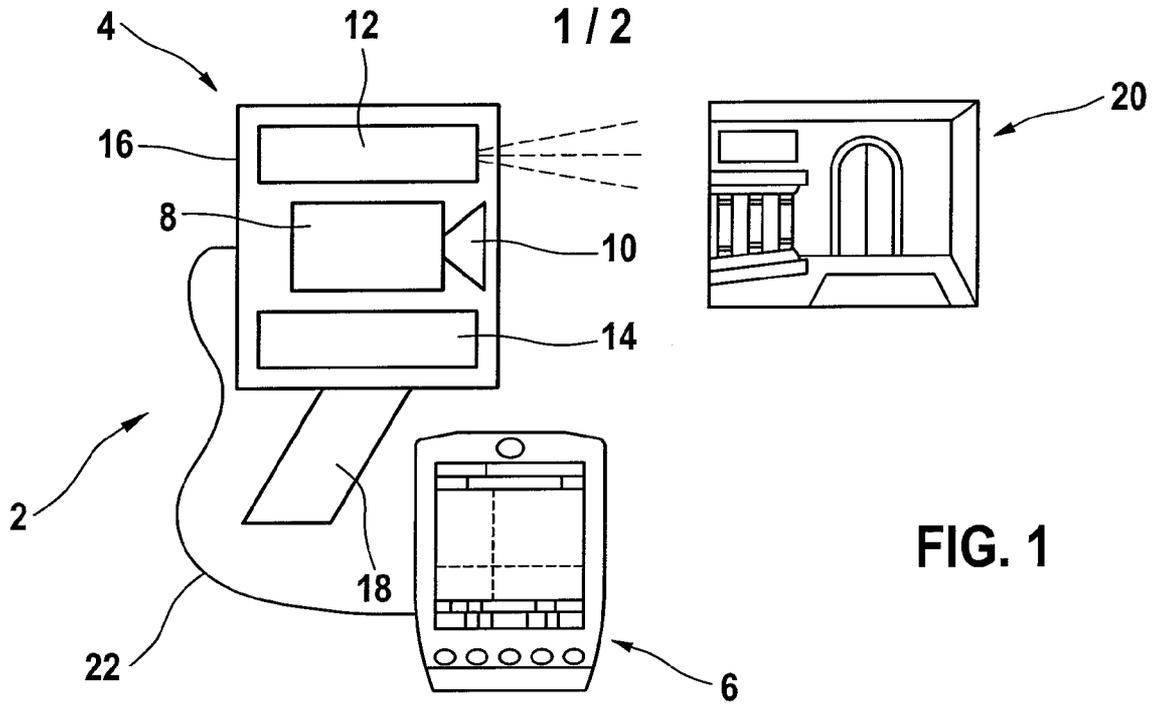
Des weiteren kann getestet werden, ob alle durch die Einzelaufnahmen erfassten,
10 strukturierten Bildbereiche und somit Bereiche des Raums 48 auf der Wand 50 somit einer Fläche liegen. Gegebenenfalls ist eine Stereo-Rekonstruktion aller strukturierten Bild- bzw. Raumbereiche durchzuführen.

Eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer Gesamtaufnahme des Raums aus mehreren
15 Einzelaufnahmen wird in der vorliegenden Ausführungsform mit den Entfernungsmessungen gekoppelt.

5 Ansprüche

1. Verfahren zur bildbasierten Vermessung eines Raums (20, 50), bei dem Einzelaufnahmen des Raums (20, 50) bereitgestellt werden, wobei für jede Einzelaufnahme mindestens eine Entfernungsmessung (30) zu mindestens einem Referenzpunkt im Raum (20, 50) durchgeführt wird, und bei dem eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme des Raums (20, 50) aus den Einzelaufnahmen mit durchgeführten Entfernungsmessungen (30) gekoppelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem für mindestens eine Einzelaufnahme eine Drehrate eines Messgeräts (4, 54), das zur Bereitstellung der Einzelaufnahmen ausgebildet ist, gemessen und mit der Bildverarbeitung gekoppelt wird.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die Einzelaufnahmen aus verschiedenen Positionen (56, 58) bereitgestellt werden, und die Gesamtaufnahme aus den Einzelaufnahmen unter Berücksichtigung jeweiliger Positionen (56, 58) bereitgestellt wird.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem für jede Einzelaufnahme ein Standort im Raum (20, 50) bestimmt wird.
5. Messgerät zur bildbasierten Vermessung eines Raums (20, 50), das eine Kamera (8) und mindestens eine Positionserfassungseinrichtung umfasst, wobei die Kamera (8) dazu ausgebildet ist, Einzelaufnahmen des Raums (20, 50) bereitzustellen, wobei die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung dazu ausgebildet ist, für jede Einzelaufnahme eine Entfernungsmessung (30) zu mindestens einem Referenzpunkt im Raum (20, 50) durchzuführen, und wobei vorgesehen ist, dass eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme aus den Einzelaufnahmen mit durchgeführten Entfernungsmessungen zu koppeln ist.

6. Messgerät nach Anspruch 5, bei dem die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung zu der Kamera (8) kalibriert ist.
7. Messgerät nach Anspruch 5 oder 6, bei dem die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung (12, 14) als Entfernungsmesser ausgebildet ist.
8. Messgerät nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung als kinematischer Sensor (14) ausgebildet ist.
9. Messeinrichtung zur bildbasierten Vermessung eines Raums (20, 50), die eine Kamera (8), mindestens eine Positionserfassungseinrichtung und eine Recheneinheit (6) umfasst, wobei die Kamera (8) dazu ausgebildet ist, Einzelaufnahmen des Raums (20, 50) bereitzustellen, wobei die mindestens eine Positionserfassungseinrichtung dazu ausgebildet ist, für jede Einzelaufnahme eine Entfernungsmessung (30) zu mindestens einem Referenzpunkt im Raum (20, 50) durchzuführen, und wobei die Recheneinheit (6) dazu ausgebildet ist, eine Bildverarbeitung zur Bereitstellung einer zusammenhängenden Gesamtaufnahme aus den Einzelaufnahmen mit durchgeführten Entfernungsmessungen zu koppeln.
10. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit (6), insbesondere in einer Messeinrichtung (2) nach Anspruch 9, ausgeführt wird.
11. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit (6), insbesondere in einer Messeinrichtung (2) nach Anspruch 9, ausgeführt wird.



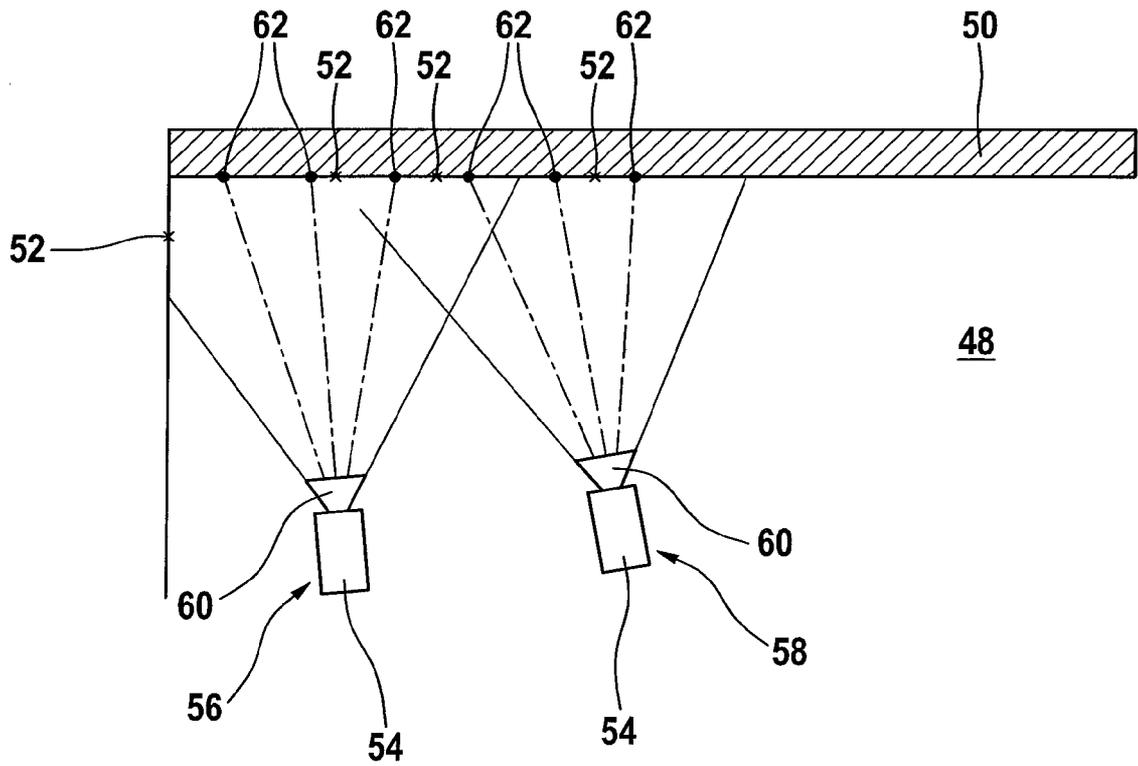


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/059867

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01C11/02 G01C15/00

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)
G01C 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/202089 A1 (ALHADEF BERNARD [FR] ET AL) 30 October 2003 (2003-10-30) paragraphs [0068], [0077], [0079], [0142] - [0145], [0160], [0205], [0216], [0266] - [0270]	1-11
X	DE 41 19 180 A1 (MERKEL PETER DR [DE]) 17 December 1992 (1992-12-17) column 3, line 3 - line 18 column 4, line 19 - line 23 column 4, line 42 - column 5, line 17 column 6, line 31 - line 54	1,5,9-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

Date of the actual completion of the international search

3 Januar 2008

Date of mailing of the international search report

11/01/2008

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

Hoekstra, Frank

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/059867

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003202089 A1	30-10-2003	FR 2836215 A1	22-08-2003
DE 4119180 A1	17-12-1992	AT 120273 T	15-04-1995
		WO 9222786 A1	23-12-1992
		EP 0588830 A1	30-03-1994

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2007/059867

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01C11/02 G01C15/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01C 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/202089 A1 (ALHADEF BERNARD [FR] ET AL) 30. Oktober 2003 (2003-10-30) Absätze [0068], [0077], [0079], [0142] - [0145], [0160], [0205], [0216], [0266] - [0270]	1-11
X	DE 41 19 180 A1 (MERKEL PETER DR [DE]) 17. Dezember 1992 (1992-12-17) Spalte 3, Zeile 3 - Zeile 18 Spalte 4, Zeile 19 - Zeile 23 Spalte 4, Zeile 42 - Spalte 5, Zeile 17 Spalte 6, Zeile 31 - Zeile 54	1,5,9-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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 naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Januar 2008

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11/01/2008

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

Hoekstra, Frank

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/059867

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003202089 A1	30-10-2003	FR 2836215 A1	22-08-2003
DE 4119180 A1	17-12-1992	AT 120273 T WO 9222786 A1 EP 0588830 A1	15-04-1995 23-12-1992 30-03-1994