(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 008 689 A1** 2017.02.09

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 008 689.0**
(22) Anmeldetag: **16.07.2016**
(43) Offenlegungstag: **09.02.2017**

(51) Int Cl.: ***G01B 11/00*** (2006.01)
G01J 3/46 (2006.01)
G01B 11/14 (2006.01)
G01B 11/25 (2006.01)
G01C 25/00 (2006.01)
G01C 11/00 (2006.01)
G01S 7/497 (2006.01)
G01S 7/40 (2006.01)
G01S 7/52 (2006.01)

(71) Anmelder:
Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

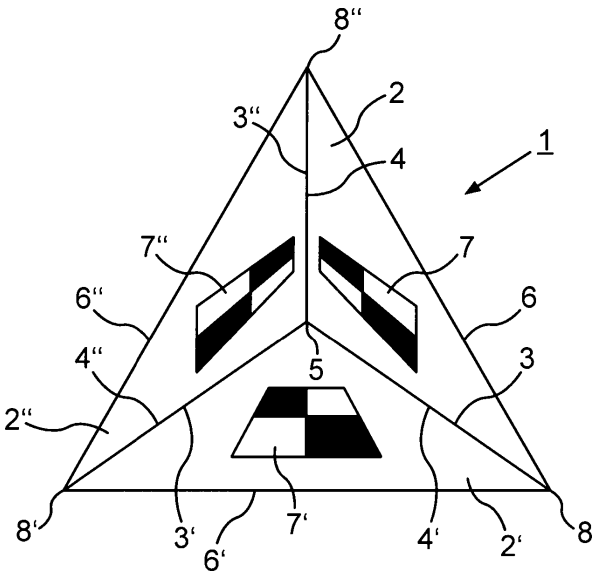
(72) Erfinder:
Feldmann, Anton, Dipl.-Inform., 71063 Sindelfingen, DE; Leonard, Andrew, B.Sc., 70569 Stuttgart, DE; Krüger, Lars, Dr.-Dipl.-Inf., 89073 Ulm, DE; Hahn, Markus, Dr.-Ing., 89233 Neu-Ulm, DE

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sensorkalibriertarget zur Kalibrierung von verschiedenen, auf unterschiedlichen Prinzipien beruhenden Sensoreinrichtungen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Sensorkalibriertarget (1) mit drei Dreiecksflächen (2, 2', 2''), wobei jede der Dreiecksflächen (2, 2', 2'') mit einer ersten Kante (3, 3', 3'') unmittelbar an eine zweite Kante einer benachbarten Dreiecksfläche (2, 2', 2'') angrenzt, die ersten (3, 3', 3'') und zweiten (4, 4', 4'') Kanten der drei Dreiecksflächen (2, 2', 2'') einen gemeinsamen Eckpunkt (5) ausbilden und jede der Dreiecksflächen (2, 2', 2'') in einem Winkel von 90° zu jeder der anderen zwei Dreiecksflächen (2, 2', 2'') angeordnet ist, wobei
– wenigstens ein Teilbereich einer jeden Dreiecksfläche (2, 2', 2'') ein Radarstrahlen reflektierendes Material aufweist, und
– wenigstens eine der Dreiecksflächen (2, 2', 2'') an ihrer Innenseite wenigstens ein für eine Kalibrierung einer optischen Kamera geeignetes Kalibriermuster (7, 7', 7'') aufweist. Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Kalibrierung von wenigstens einer Sensoreinrichtung einer Einrichtung unter Verwendung des Sensorkalibriertargets (1).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Sensorkalibriertarget zur Kalibrierung von verschiedenen, auf unterschiedlichen Prinzipien beruhenden Sensoreinrichtungen. Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Kalibrierung von wenigstens einer Sensoreinrichtung unter Verwendung des Sensorkalibriertargets.

[0002] Für viele Aufgaben im Bereich der Bildverarbeitung oder allgemeiner ausgedrückt der Erfassung von Objekten im Raum mittels wenigstens einer Sensoreinrichtung ist es erforderlich, die räumliche Struktur oder die Lage eines Objekts relativ zur Sensoreinrichtung zu erfassen. Damit eine solche Erfassung mit hinreichender Genauigkeit erfolgen kann, ist es notwendig, möglichst genau die extrinsischen und intrinsischen Parameter der Kamera oder allgemeiner ausgedrückt der wenigstens einen Sensoreinrichtung zu kennen.

[0003] Dies ist umso wichtiger, als es in vielen Fällen erforderlich ist, Erfassungen eines Objekts aus unterschiedlichsten Positionen zu gewinnen, sei es mittels eines Systems bestehend aus mehreren Einzelkameras/Einzelsensoreinrichtungen oder durch mehrere Erfassungen mittels einer einzelnen Kamera/Sensoreinrichtung sequentiell aus unterschiedlichen Raumrichtungen.

[0004] Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, das bzw. die jeweilige(n) Kamerasystem(e)/Sensoreinrichtung(en) derart zu kalibrieren, dass die den einzelnen Erfassungen zuzuordnenden Koordinaten der Kamera(s)/Sensoreinrichtung(en) in Bezug zueinander und in Bezug auf das zu erfassende Objekt ermittelt werden können.

[0005] Aus dem Stand der Technik sind hierzu verschieden Verfahren und Vorrichtungen bekannt.

[0006] So beschreibt etwa die DE 103 32 161 A1 einen Kalibrationskörper zur Kalibration von Bildverarbeitungssystemen, welcher mit einem regelmäßigen, zweidimensionalen Muster versehen ist, wobei die Regelmäßigkeit des Musters durch die Schnittpunkte (Rasterpunkte) der Linien eines Rasters definiert wird, wie sie sich bei einem System sich schneidender Scharen paralleler Linien ausbilden, und wobei mehrere dieser Rasterpunkte mit identischen ersten zweidimensionalen geometrischen Objekten versehen werden, welche bezüglich ihrer jeweiligen geometrischen Schwerpunkte zentriert an dem zugeordneten Rasterpunkt ausgerichtet sind, und wobei innerhalb wenigstens eines dieser ersten geometrischen Objekte zumindest ein weiteres zweites zweidimensionales geometrisches Objekt angeordnet ist, derart, dass der geometrische Schwerpunkt des zweiten geometrischen Objektes nicht mit dem geometrischen Schwerpunkt des ihm zugeordneten ersten geometrischen Objekts zusammenfällt.

[0007] Gemäß dieser Druckschrift werden bei einem Verfahren zur Kalibration von Bildverarbeitungssystemen unter Verwendung des Kalibrationskörpers, in einem ersten Verarbeitungsschritt die Position und Lage der ersten geometrischen Objekte erkannt, um anhand dieser Kenntnis auf die Lage der Rasterpunkte im Raum zu schließen, und in einem weiteren Verarbeitungsschritt die Position der zweiten geometrischen Objekte in Bezug auf die ersten geometrischen Objekte bestimmt, um nachfolgend aus der Kenntnis der Lage der Rasterpunkte im Raum und der relativen Position der zweiten geometrischen Objekte auf die Koordinaten des regelmäßigen, zweidimensionalen Rastermusters zu schließen.

[0008] Um eine Kamera auf besonders einfache und zeitgünstige Weise kalibrieren zu können, schlägt die DE 10 2015 012 344 A1 vor, ein Kalibrierungsobjekt in zumindest eine vorgebbare Stellung relativ zu einer Kamera zu bewegen, wobei die Stellung des Kalibrierungsobjekts und eine Orientierung, welche das Kalibrierungsobjekt in der Stellung einnimmt, mittels einer Methode der Theorie der optimalen Experimente ermittelt werden.

[0009] Wurden ursprünglich verschiedene Sensorkalibriertargets verwendet, um die unterschiedlichen Sensortypen zu kalibrieren, so sind in jüngerer Vergangenheit Bestrebungen dahin unternommen worden, verschiedene Sensortypen mit nur einem einzigen Sensorkalibriertarget kalibrieren zu können.

[0010] Die DE 10 2007 024 638 A1 beschreibt diesbezüglich ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung eines Multikamerasystems, wobei das Multikamerasystem mindestens eine im Nahinfrarotbereich empfindliche erste Kamera und mindestens eine im Ferninfrarotbereich empfindliche zweite Kamera mit voneinander verschiedener Position umfasst. Es wird ein Kalibrierkörper mit einem aus aneinandergrenzenden hellen Teilflächen und dunklen Teilflächen gebildeten Muster, welches als Schachbrettmuster ausgebildet ist, im Sichtfeld jeder der Kameras positioniert. Zumindest in Teilen werden die dunklen oder aber die hellen Teilflächen beheizt oder gekühlt und für mindestens eine Aufnahme des Kalibrierkörpers jeder der Kameras werden Kreuzungspunkte des Schachbrettmusters und ein durch die Kreuzungspunkte bestimmter Graph ermittelt.

[0011] Und aus der DE 10 2011 013 773 A1 ist u. a. ein Kalibrierobjekt für einen ersten Sensor und einen Referenzsensor bekannt, wobei das Kalibrierobjekt einen Winkelreflektor (für einen als Radarsensor ausgebildeten ersten Sensor) und eine davon räumlich getrennte Fläche umfasst, mit einem aus aneinandergrenzenden hellen Teilflächen und dunklen Teil-

flächen gebildeten Muster (für eine Kamera als Referenzsensor).

[0012] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein im Vergleich zum vorbekannten Stand der Technik verbessertes Sensorkalibriertarget und ein verbessertes Verfahren zum Kalibrieren von einer Sensoreinrichtung unter Verwendung des Sensorkalibriertargets bereitzustellen. Diese Aufgaben werden gelöst durch das Sensorkalibriertarget gemäß Anspruch 1 und das Verfahren gemäß Anspruch 9. Vorteilhafte Weiterbildungen des Sensorkalibriertargets sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] Erfindungsgemäß wird ein Sensorkalibriertarget mit drei Dreiecksflächen vorgeschlagen, wobei jede der Dreiecksflächen mit einer ersten Kante unmittelbar an eine zweite Kante einer benachbarten Dreiecksfläche angrenzt, die ersten und zweiten Kanten der drei Dreiecksflächen einen gemeinsamen Eckpunkt ausbilden und jede der Dreiecksflächen in einem Winkel von 90° zu jeder der anderen zwei Dreiecksflächen angeordnet ist.

[0014] Das Sensorkalibriertarget ist dadurch gekennzeichnet, dass

– wenigstens ein Teilbereich einer jeden Dreiecksfläche ein Radarstrahlen reflektierendes Material aufweist, und
– wenigstens eine der Dreiecksflächen an ihrer Innenseite wenigstens ein für eine Kalibrierung einer optischen Kamera geeignetes Kalibriermuster aufweist.

[0015] Mit Hilfe des Radarstrahlen reflektierendes Material kann ein Radarsensor kalibriert werden, und mit Hilfe des Kalibriermusters eine optische Kamera. Darüber hinaus konnten die Erfinder zeigen, dass sich das Sensorkalibriertarget gemäß der vorliegenden Erfindung auch dazu eignet ist, eine Lidar- und eine Ultraschall-Sensoreinrichtung zu kalibrieren.

[0016] Somit können durch die vorliegende Erfindung mit Hilfe von nur einem einzigen Sensorkalibriertarget intrinsische und/oder extrinsische Parameter von wenigstens vier verschiedenen Sensoreinrichtungen kalibriert werden. Hierdurch ergeben sich im Vergleich zum vorbekannten Stand der Technik erhebliche zeitliche und finanzielle Vorteile. Gerade bei Einrichtungen, wie etwa Fahrzeugen, insbesondere bei Kraftfahrzeugen, die mehrere verschiedenartige Sensoreinrichtungen aufweisen, die auf unterschiedlichen technischen Prinzipien beruhen (etwa Kameras für sichtbares Licht, Kameras für Infrarot-Licht, Radar-Sensoren, Lidar-Sensoren, Ultraschall-Sensoren), können so alle oder doch die meisten der Sensoreinrichtungen mit nur einer einzigen „Messreihe” kalibriert werden.

[0017] Gemäß einer ersten vorteilhaften Weiterbildung des Sensorkalibriertargets ist das Radarstrahlen reflektierende Material Stahl, Eisen und/oder Aluminium oder weist ein solches Material auf.

[0018] Gemäß einer zweiten vorteilhaften Weiterbildung des Sensorkalibriertargets ist wenigstens ein Teilbereich wenigstens einer der Dreiecksflächen aus einem Radarstrahlen nicht-reflektierenden Material ausgebildet, das ein polymerer Werkstoff, wie etwa ein Kunststoff, insbesondere Plexiglas, Carbon, Carbonfaser-verstärkter Kunststoff, Papier und/oder Pappe ist oder aufweist.

[0019] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung des Sensorkalibriertargets kann dieses wenigstens eine Lichtquelle und/oder eine Wärmequelle aufweisen. Als Licht- und/oder als Wärmequelle können bspw. wenigstens eine Glühlampe, Halogenlampe, Gasentladungslampe, und/oder Licht emittierende Diode vorhanden ist. Als „reine” Wärmequelle kann bspw. eine Widerstandsheizung vorgesehen sein.

[0020] Weitere Vorteile ergeben sich, wenn bei dem Sensorkalibriertarget gemäß der vorliegenden Erfindung wenigstens eine seiner drei Außenseiten eine Farbkalibriertafel, insbesondere eine Fläche mit einem Albedo von 17,68%, eine schwarze Fläche und/oder eine weiße Fläche aufweist oder wenigstens eine seiner drei Außenseiten eine Farbkalibriertafel, insbesondere eine Fläche mit einem Albedo von 17, 68%, eine schwarze Fläche oder eine weiße Fläche ist.

[0021] Das Sensorkalibriertarget gemäß der vorliegenden Erfindung kann in vorteilhafter Weise auch dahin weitergebildet sein, dass es mit den drei Ecken, die ausgebildet sind durch das Zusammentreffen der Enden der dritten Kanten der drei Dreiecksfläche mit den jeweiligen Enden der ersten und zweiten Kanten der drei Dreiecksflächen, derart in der Öffnung eines teilkugelförmigen Körpers aus einem Radarstrahlen nicht-reflektierenden Material angeordnet ist, dass sich der durch die ersten und zweiten Kanten der drei Dreiecksflächen ausgebildete gemeinsame Eckpunkt im Inneren des teilkugelförmigen Körpers befindet.

[0022] Von der vorliegenden Erfindung umfasst ist auch ein Verfahren zur Kalibrierung von wenigstens einer Sensoreinrichtung einer Einrichtung, insbesondere eines Fahrzeugs, bevorzugt eines Kraftfahrzeugs, umfassend die Schritte:

– Erfassung der aktuellen Position und Ausrichtung der ruhenden Einrichtung mittels einer Laserscannereinrichtung, deren Laserscanner an einer vorgegebenen festen Stelle im Raum angeordnet ist, oder durch eine Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung, die an einer vorgegebenen festen Stelle im Raum angeordnet ist;

– Übermittlung der durch den Laserscanner der Laserscannereinrichtung oder durch die Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung ermittelten Position und Ausrichtung der Einrichtung relativ zu dem Laserscanner oder der Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung an eine Steuereinrichtung, der die Koordinaten des Laserscanners oder der Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung im Raum bekannt sind und die einen ein erfindungsgemäßes Sensorkalibriertarget oder eines seiner vorteilhaften Weiterbildungen haltenden Roboter zu steuern vermag;
– Steuern des das Sensorkalibriertarget haltenden Roboters durch die Steuereinrichtung derart, dass sich das Sensorkalibriertarget entsprechend einem vorgegebenen Algorithmus in Kenntnis der Position und Ausrichtung der Einrichtung um die Einrichtung bewegt und Erfassen von wenigstens einer Kalibrieraufnahme des Sensorkalibriertargets durch die wenigstens eine Sensoreinrichtung der Einrichtung an wenigstens einer vorgegebenen Position und Ausrichtung des Sensorkalibriertargets relativ zu der Einrichtung; und
– Übertragen der durch die wenigstens einen Sensoreinrichtung bei der wenigstens einen Kalibrieraufnahme erfassten Daten zu und Auswerten der übertragenen Daten durch eine digitale Recheneinrichtung zur Kalibrierung von wenigstens einem extrinsischen und/oder intrinsischen Parameter der wenigstens einen Sensoreinrichtung.

[0023] Von der vorliegenden Erfindung umfasst sind auch alle weiteren Verfahren, die sich für einen Fachmann aus den Vorrichtungsansprüchen, der Beschreibung des Sensorkalibriertargets, seiner vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen, den Figuren, der Figurenbeschreibung sowie der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels ohne Weiteres ergeben.

[0024] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in der einzigen Figur alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0025] Die einzige Fig. zeigt schematisch und maßstabsgerecht ein Beispiel eines Sensorkalibriertargets gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0026] In der Fig. sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0027] Wie in der Fig. dargestellt ist, weist das Sensorkalibriertarget **1** gemäß der vorliegenden Erfindung drei Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** auf, wobei jede der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** mit einer ersten Kante **3**, **3' 3''** unmittelbar an eine zweite Kante **4**, **4'**, **4''** einer benachbarten Dreiecksfläche **2**, **2'**, **2''** angrenzt, die ersten **3**, **3' 3''** und zweiten Kanten **4**, **4'**, **4''** der drei Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** einen gemeinsamen Eckpunkt **5** ausbilden und jede der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** in einem Winkel von 90° zu jeder der anderen zwei Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** angeordnet ist.

[0028] Unter der Annahme, dass die dritten Kanten **6**, **6'**, **6''** der drei Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** in der Blattebene angeordnet sind, wären bei einer echten 3-dimensionalen Darstellung die drei Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** und der gemeinsamen Eckpunkt **5** unterhalb der Blattebene angeordnet, würde also der gemeinsame Eckpunkt **5** das „unterste" Element (bei einem auf einer horizontalen Unterlage angeordneten Blatt) bzw. das „hinterste" Element (bei einem auf einer vertikalen Unterlage angeordneten Blatt) des Sensorkalibriertargets **1** darstellen.

[0029] Die Form der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** entspricht in bevorzugter Weise derjenigen, wie sie durch einen gemeinsamen Schnitt entlang der Diagonalen von zwei benachbarten Flächen eines hohlen Würfels entstehen.

[0030] Bei dem Sensorkalibriertarget **1** weist wenigstens ein Teilbereich einer jeden Dreiecksfläche **2**, **2'**, **2''** ein Radarstrahlen reflektierendes Material auf. Unter wenigstens „ein Teilbereich" ist selbstverständlich auch zu verstehen, dass die gesamte Fläche von einer, zwei oder aller drei Dreiecksflächen ein Radarstrahlen reflektierendes Material aufweist oder daraus besteht. Ein Teilbereich kann bspw. nur Kantenbereiche einer oder mehrerer der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** umfassen.

[0031] Soweit in der vorliegenden Anmeldung von „im Bereich ihrer Kanten" gesprochen wird, so ist darunter jeder Bereich zu verstehen, der von einem Fachmann (noch) als Randbereich verstanden wird. So kann bspw. ein entsprechender Randbereich 1 bis 15% der Höhe der entsprechenden Dreiecksfläche **2**, **2'**, **2''** betragen, wobei alle hier nicht explizit genannten Zwischenbereiche (bspw. 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14%) als mit offenbart gelten und ohne dass die vorliegende Erfindung auf den angegebenen Bereich limitiert wäre.

[0032] Weist bei dem Sensorkalibriertarget **1** ein Teilbereich wenigstens einer Dreiecksfläche **2**, **2'**, **2''** ein Radarstrahlen reflektierendes Material auf, so kann die jeweilige Dreiecksfläche **2**, **2'**, **2''** in dem Teilbereich aus einem Radarstrahlen reflektierenden Material und in dem verbleibenden Teilbereich aus einem Radarstrahlen nicht-reflektierenden Material

ausgebildet sein. Es kann jedoch auch wenigstens eine der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** vollständig aus einem Radarstrahlen nicht-reflektierenden Material ausgebildet sein, auf dem in einem Teilbereich Radarstrahlen reflektierendes Material aufgebracht ist.

[0033] Bei dem Radarstrahlen reflektierenden Material kann es sich um jedes für diesen Zweck geeignete Material handeln, in vorteilhafter Weise ist es Stahl, Eisen und/oder Aluminium oder weist wenigstens eines dieser Metalle auf. In bevorzugter Weise ist das Radarstrahlen reflektierende Material Stahl.

[0034] Das Sensorkalibriertarget **1** hat somit die Funktionsweise eines Winkelreflektors (auch Corner-Reflektor genannt) für Radarstrahlen. Winkelreflektoren reflektieren bekanntermaßen Radarstrahlen in genau die Richtung, aus der die Quellstrahlung erfolgt, ohne dass sie wie ein Spiegel senkrecht dazu ausgerichtet sein müssen, und erzeugen für Radarstrahlen ein besonders starkes Echosignal und somit ein sicheres Zielzeichen.

[0035] Bei dem Sensorkalibriertarget **1** können die ersten **3**, **3'**, **3''** und zweiten Kanten **4**, **4'**, **4''** der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** miteinander verbunden sein oder diese Kantenbereiche einstückig ausgebildet sein. Somit kann auch das gesamte Sensorkalibriertarget **1** einstückig ausgebildet sein. Die Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** können form-, kraft- und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden sein.

[0036] Weist das Sensorkalibriertarget **1** Radarstrahlen nicht-reflektierendes Material auf, so bestehen bezüglich dieses Materials keine besonderen Einschränkungen und es kann sich um jedes für diesen Zweck geeignete Material handeln. In vorteilhafter Weise ist dieses Material ein polymerer Werkstoff, wie etwa ein Kunststoff, insbesondere Plexiglas, Carbon, Carbonfaser-verstärkter Kunststoff, Papier und/oder Pappe oder weist ein solches Material auf.

[0037] Um eine Kamera zu kalibrieren, weist wenigstens eine der dreieckigen Innenseiten der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** des Sensorkalibriertargets **1** wenigstens ein für eine Kalibrierung einer optischen Kamera geeignetes Kalibriermuster **7**, **7'**, **7''** auf. Die vorliegende Erfindung bzw. das erfindungsgemäße Sensorkalibriertarget **1** ist nicht auf das in der Fig. dargestellte Schachbrettmuster **7**, **7'**, **7''** beschränkt. Dieses dient ausschließlich zur Erläuterung der Erfindung.

[0038] Als Muster für die Kalibrierung einer Kamera kann erfindungsgemäß bspw. auch das in der DE 103 32 161 A1 vorgeschlagene Muster verwendet werden. Auch können alle anderen, aus dem Stand der Technik für den Zweck einer Kamerajustierung geeigneten Muster bei der vorliegenden Erfindung Anwendung finden, etwa Punkt-Muster (wie sie bspw. in der Photogrammetrie Verwendung finden) oder auch Kanten- und Ecken-Muster.

[0039] Optional (in der Fig. nicht dargestellt) kann es das Sensorkalibriertarget **1** wenigstens eine Lichtquelle und/oder eine Wärmequelle aufweisen. Die Anordnung dieser wenigstens einen Lichtquelle und/oder Wärmequelle ist nicht besonders beschränkt und diese kann bspw. zwischen zwei benachbarten Kanten **2**, **2'**, **2''**, **3**, **3'**, **3''** angeordnet sein, im Bereich von wenigstens einer der „freien" Kanten **6**, **6'**, **6''**, und/oder im Bereich der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''**.

[0040] Eine Lichtquelle kann bspw. dazu dienen, eine Nachtsichtkamera zu kalibrieren. Soll eine Infrarot-Kamera mittels des Sensorkalibriertargets **1** gemäß der vorliegenden Erfindung kalibriert werden, kann gemäß dieser Ausgestaltung die Wärmestrahlung, die von derzeit bekannten und verfügbaren Leuchtmitteln, wie bspw. einer Glühlampe, Halogenlampe, Gasentladungslampe, und/oder Licht emittierende Diode bei deren Betrieb abgegeben wird, für die Kalibrierung der Infrarot-Kamera verwendet werden. Bei Verwendung von an sich sehr energieeffizienten Leuchtmitteln, wie bspw. Licht emittierenden Dioden, kann innerhalb dieser energieeffizienten Leuchtmittel ein solcher Typ ausgewählt werden, dessen Infrarotanteil einen für Kalibrierungszwecke ausreichend hohen Wert besitzt.

[0041] Ein Leuchtmittel kann gemäß der vorliegenden Erfindung alternativ oder ergänzend zu den oben erwähnten Zwecken auch dazu dienen, die Innenseiten der Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** zu beleuchten, bspw. für eine Kamera für Licht im für einen Menschen sichtbaren Wellenlängenspektrum.

[0042] Zur Kalibrierung einer Infrarot-Kamera kann ergänzend oder alternativ zu den oben erwähnten Leuchtmitteln auch eine andere Wärmequelle vorgesehen sein, bspw. eine Widerstandsheizung.

[0043] Gemäß noch weiteren (in der Fig. nicht dargestellten) vorteilhaften Ausgestaltungen des Sensorkalibriertargets **1** kann vorgesehen sein, dass bei diesem wenigstens einer seiner drei Außenseiten eine Farbkalibriertafel, insbesondere eine Fläche mit einem Albedo von 17,68%, eine schwarze Fläche und/oder eine weiße Fläche aufweist oder dass bei diesem wenigstens einer seiner drei Außenseiten eine Farbkalibriertafel, insbesondere eine Fläche mit einem Albedo von 17,68%, eine schwarze Fläche, oder eine weiße Fläche ist. Die Farbkalibriertafel, die Flächen mit schwarzer oder weißer Farbe können wahlweise die jeweilige Außenseite vollständig bedeckten oder nur Teilbereiche davon.

[0044] Eine Farbkalibriertafel, bei der es sich in einem einfachen Fall um eine Fläche mit einem Albedo von 17,68% handeln kann, kann für einen Weiß-

abgleich einer Kamera verwendet werden, wodurch sichergestellt wird, dass die kalibrierte Kamera farbtreue Bilder liefert, was bspw. bei einem Ampelerkennungs-Assistenzsystem wichtig ist.

[0045] Um zwei Zielwerte für einen Weißabgleich und/oder Fix-Pattern-Noise zu haben, kann weiter in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass eine Außenseite des Sensorkalibriertargets **1** eine Fläche mit weißer Farbe aufweist oder weiß ist und eine andere Außenseite des Sensorkalibriertargets **1** eine Fläche mit schwarzer Farbe aufweist oder schwarz ist. Die verbleibende dritte Außenseite des Sensorkalibriertargets **1** kann für andere Kalibrieraufgaben verwendet werden.

[0046] Das Sensorkalibriertarget **1** gemäß der vorliegenden Erfindung kann in vorteilhafter Weise auch dahin weitergebildet sein, dass es mit seinen drei Ecken **8**, **8'**, **8''**, die ausgebildet sind durch das Zusammentreffen der Enden der dritten Kanten **6**, **6'**, **6''** der drei Dreiecksfläche **2**, **2' 2''** mit den jeweiligen Enden der ersten **3**, **3'**, **3''** und zweiten Kanten **4**, **4'**, **4''** der drei Dreiecksflächen **2**, **2' 2''** derart in der Öffnung eines teilkugelförmigen Körpers aus einem Radarstrahlen nicht-reflektierendes Material angeordnet ist, dass sich der durch die ersten **3**, **3'**, **3''** und zweiten **4**, **4'**, **4''** Kanten der drei Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2''** ausgebildete gemeinsame Eckpunkt **5** im Inneren des teilkugelförmigen Körpers befindet.

[0047] Unter „teilkugelförmig" ist gemäß der vorliegenden Erfindung zu verstehen, dass es sich grundsätzlich um einen kugelförmigen Hohlkörper handelt, bei dem jedoch eine Öffnung vorgesehen ist, derart, dass das Sensorkalibriertarget **1** wie oben angegeben bei dem teilkugelförmigen Körper angeordnet werden kann. Es kann bspw. vorgesehen sein, dass in dem teilkugelförmigen Körper eine solche Öffnung vorgesehen ist, dass die Ecken **8**, **8'**, **8''** bündig oder nahezu bündig mit der Oberfläche des teilkugelförmigen Körpers abschließen, wenn das Sensorkalibriertarget **1** in dem teilkugelförmigen Körper angeordnet ist. In vorteilhafter Weise sind die Ecken **8**, **8'**, **8''** mit dem teilkugelförmigen Körper verbunden, bspw. durch Verkleben der Ecken **8**, **8'**, **8''** mit dem Randbereich der Öffnung des teilkugelförmigen Körpers.

[0048] Die Größe des teilkugelförmigen Körpers ist nicht besonders beschränkt. So kann die Größe so gewählt sein, dass in einem „Einbauzustand" des Sensorkalibriertargets **1** bei dem teilkugelförmigen Körper der gemeinsame Eckpunkt **5** der ersten **3**, **3'**, **3''** und zweiten Kanten **4**, **4'**, **4''** des Sensorkalibriertargets **1** mit dem Mittelpunkt des teilkugelförmigen Körpers zusammenfällt. Dies ist jedoch in keiner Weise zwingend. Die Größe des teilkugelförmigen Körpers kann bspw. auch so gewählt sein, dass in einem Einbauzustand des Sensorkalibriertargets **1** bei dem teilkugelförmigen Körper der gemeinsame Eckpunkt **5** der ersten **3**, **3'**, **3''** und zweiten Kanten **4**, **4'**, **4''** des Sensorkalibriertargets **1** „vor" oder „hinter" dem Mittelpunkt des teilkugelförmigen Körpers angeordnet ist (bei entsprechender Betrachtungsweise). Um eine möglichst kleine Größe des teilkugelförmigen Körpers zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass dessen Größe so gewählt ist, dass in einem Einbauzustand des Sensorkalibriertargets **1** bei dem teilkugelförmigen Körper der gemeinsame Eckpunkt **5** der ersten **3**, **3'**, **3''** und zweiten Kanten **4**, **4'**, **4''** des Sensorkalibriertargets **1** nahe der Innenseite des teilkugelförmigen Körpers angeordnet ist (im Sinne des obigen Ausführungen also „hinter" dem Mittelpunkt des teilkugelförmigen Körpers) oder die Innenseite des teilkugelförmigen Körpers sogar berührt.

[0049] Bezüglich des Materials des teilkugelförmigen Körpers bestehen mit Ausnahme des Kriteriums, dass es ein Radarstrahlen nicht-reflektierendes Material sein muss, keine besonderen Einschränkungen und es kann bspw. ein solches Radarstrahlen nicht-reflektierendes Material sein, wie es auch für die Dreiecksflächen **2**, **2' 2''** des Sensorkalibriertargets **1** verwendet werden kann.

[0050] Die „Einbettung" des Sensorkalibriertargets **1** in den teilkugelförmigen Körper kann zum einen dazu dienen, die Verletzungsgefahr für Menschen zu reduzieren, die sich während eines Kalibrierungsvorgangs in der Nähe des Sensorkalibriertargets **1** aufhalten. Der teilkugelförmige Körper kann aber auch zur Kalibrierung eines Lidar-Sensors verwendet werden, falls bspw. die Sensoranordnung eine Verwendung der Innenflächen des Sensorkalibriertargets **1** verhindern. In einem derartigen Fall kann die Position des Mittelpunkts des teilkugelförmigen Körpers aus den Lidar-Daten errechnet werden.

[0051] Für einen Kalibrierungsvorgang kann das Sensorkalibriertarget **1** (für sich alleine oder auch eingebettet in den teilkugelförmigen Körper) von einem Industrieroboter gehalten und entlang eines durch einen vorgegebenen Algorithmus vorgegebenen Pfad, etwa um ein Fahrzeug herum und/oder darüber hinweg, bewegt werden. An vorgegebenen Positionen des Sensorkalibriertargets **1** können dann Kalibrieraufnahmen der jeweiligen Sensoren (des Fahrzeugs) ausgelöst werden. Die Planung des Pfades kann statistisch nach Fahrzeugmodell oder dynamisch nach aktuellem Stand der Kalibrierung erfolgen, wie es bspw. in der DE 10 2015 012 344 A1 beschrieben ist.

[0052] Auch kann das Sensorkalibriertarget **1** von einem Handlingsystem getragen werden, um einen Bediener körperlich zu entlasten.

[0053] Wenn ein Roboter (bspw. ein Industrieroboter) mit ausreichender Reichweite verwendet wird, kann dieser dazu verwendet werden, wenigstens eine zu kalibrierende Sensoreinrichtung einer Einrich-

tung (bspw. eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs) einzumessen. Hierzu wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren an einer geeigneten Stelle eine Laserscannereinrichtung oder eine Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung angebracht, die die Einrichtung vor der Kalibrierung lokalisiert.

[0054] Da somit die Position des Laserscanners oder der Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung bekannt ist, können die Koordinaten der Einrichtung relativ zu dem vom Roboter gehaltenen Sensorkalibriertarget **1** bestimmt werden. Hierdurch wird auf einfache Weise eine Koordinatenabstimmung bei der wenigstens einen Kalibrieraufnahme ermöglicht.

[0055] Alternativ zu einem Laserscanner oder der Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung können fest verbaute andere Sensoren oder ein Rollenprüfstand verwendet werden.

[0056] Zusammenfassend kann man festhalten, dass derzeit ganz überwiegend verschiedene „Sensorkalibriertargets" verwendet werden, um die verschiedenen Sensoren einer Einrichtung (etwa eines Kraftfahrzeugs) zu kalibrieren. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Sensorkalibriertarget **1** vorgeschlagen, das dazu geeignet ist, intrinsische und/oder extrinsische Parameter von verschiedensten Sensoren (unter Verwendung von nur diesem einen Sensorkalibriertarget **1**) zu kalibrieren, bspw. solche von Radar-, Lidar-, Kamera- und Ultraschall-Sensoren.

[0057] Da ein Corner-Reflektor für Radarstrahlung grundsätzlich auch durch wenigstens zwei senkrecht aufeinander stehende, zumindest teilweise aus einem Radarstrahlen reflektierenden Material bestehende Flächen ausgebildet sein kann, ist von der vorliegenden Erfindung auch ein derartig ausgebildetes Sensorkalibriertarget umfasst, d. h. eines, dass anstelle von drei Dreiecksflächen nur zwei in geeigneter Form und Größe ausgebildete, senkrecht aufeinander stehende Flächen aufweist, die zumindest teilweise aus einem Radarstrahlen reflektierenden Material bestehen, wobei wenigstens eine der Innenseiten der beiden Flächen wenigstens ein für eine Kalibrierung einer optischen Kamera geeignetes Kalibriermuster aufweist. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen eines solchen Sensorkalibriertargets, die ebenfalls von der vorliegenden Erfindung umfasst sind, ergeben sich aus den in dieser Anmeldung offenbarten Weiterbildungen und Ausgestaltungen des Sensorkalibriertargets **1** mit drei Dreiecksflächen **2**, **2'**, **2"**, die in entsprechender Weise auch bei einem Sensorkalibriertarget mit nur zwei Flächen angewandt werden können.

Bezugszeichenliste

1	Sensorkalibriertarget
2, 2', 2"	Dreiecksfläche
3, 3', 3"	erste Kante der Dreiecksfläche
4, 4', 4"	zweite Kante der Dreiecksfläche
5	gemeinsamer Eckpunkt der ersten und zweiten Kanten
6, 6', 6"	dritte Kante der Dreiecksfläche
7, 7', 7"	Kalibriermuster
8, 8', 8"	Ecken der dritten Kanten

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10332161 A1 [0006, 0038]
- DE 102015012344 A1 [0008, 0051]
- DE 102007024638 A1 [0010]
- DE 102011013773 A1 [0011]

Patentansprüche

1. Sensorkalibriertarget (**1**) mit drei Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**), wobei jede der Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**) mit einer ersten Kante (**3**, **3'**, **3''**) unmittelbar an eine zweite Kante einer benachbarten Dreiecksfläche (**2**, **2'**, **2''**) angrenzt, die ersten (**3**, **3'**, **3''**) und zweiten (**4**, **4'**, **4''**) Kanten der drei Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**) einen gemeinsamen Eckpunkt (**5**) ausbilden und jede der Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**) in einem Winkel von 90° zu jeder der anderen zwei Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**) angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
– wenigstens ein Teilbereich einer jeden Dreiecksfläche (**2**, **2'**, **2''**) ein Radarstrahlen reflektierendes Material aufweist, und
– wenigstens eine der Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**) an ihrer Innenseite wenigstens ein für eine Kalibrierung einer optischen Kamera geeignetes Kalibriermuster (**7**, **7'**, **7''**) aufweist.

2. Sensorkalibriertarget (**1**) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Radarstrahl reflektierende Material Stahl, Eisen und/oder Aluminium ist oder aufweist.

3. Sensorkalibriertarget (**1**) gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass wenigstens ein Teilbereich wenigstens einer der Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**) aus einem Radarstrahlen nicht-reflektierenden Material ausgebildet ist, das ein polymerer Werkstoff, wie etwa ein Kunststoff, insbesondere Plexiglas, Carbon, Carbonfaser-verstärkter Kunststoff, Papier und/oder Pappe ist oder aufweist.

4. Sensorkalibriertarget (**1**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass es wenigstens eine Lichtquelle und/oder eine Wärmequelle aufweist.

5. Sensorkalibriertarget (**1**) gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass als Lichtquelle wenigstens eine Glühlampe, Halogenlampe, Gasentladungslampe, und/oder Licht emittierende Diode vorhanden ist.

6. Sensorkalibriertarget (**1**) gemäß Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass als Wärmequelle wenigstens eine Glühlampe, Halogenlampe, Gasentladungslampe, Licht emittierende Diode und/oder eine Widerstandsheizung vorhanden ist.

7. Sensorkalibriertarget (**1**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass es an wenigstens einer seiner drei Außenseiten eine Farbkalibriertafel, insbesondere eine Fläche mit einem Albedo von 17,68%, eine schwarze Fläche und/oder eine weiße Fläche aufweist oder dass wenigstens einer seiner drei Außenseiten eine Farbkalibriertafel, insbesondere eine Fläche mit einem Albedo von 17,68%, eine schwarze Fläche, oder eine weiße Fläche ist.

8. Sensorkalibriertarget (**1**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass es mit den drei Ecken (**8**, **8'**, **8''**), die ausgebildet sind durch das Zusammentreffen der Enden der dritten Kanten (**6**, **6'**, **6''**) der drei Dreiecksfläche (**2**, **2' 2''**) mit den jeweiligen Enden der ersten (**3**, **3'**, **3''**) und zweiten Kanten (**4**, **4'**, **4''**) der drei Dreiecksflächen (**2**, **2' 2''**), derart in der Öffnung eines teilkugelförmigen Körpers aus einem Radarstrahlen nichtreflektierendes Material angeordnet ist, dass sich der durch die ersten (**3**, **3'**, **3''**) und zweiten Kanten (**4**, **4'**, **4''**) der drei Dreiecksflächen (**2**, **2'**, **2''**) ausgebildete gemeinsame Eckpunkt (**5**) im Inneren des teilkugelförmigen Körpers befindet.

9. Verfahren zur Kalibrierung von wenigstens einer Sensoreinrichtung einer Einrichtung, insbesondere eines Fahrzeugs, bevorzugt eines Kraftfahrzeugs, umfassend die Schritte:
– Erfassung der aktuellen Position und Ausrichtung der ruhenden Einrichtung mittels einer Laserscannereinrichtung, deren Laserscanner an einer vorgegebenen festen Stelle im Raum angeordnet ist, oder durch eine Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung, die an einer vorgegebenen festen Stelle im Raum angeordnet ist;
– Übermittlung der durch den Laserscanner der Laserscannereinrichtung oder durch die Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung ermittelten Position und Ausrichtung der Einrichtung relativ zu dem Laserscanner oder der Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung an eine Steuereinrichtung, der die Koordinaten des Laserscanners oder der Streifenlichtprojektion 3D Rekonstruktionseinrichtung im Raum bekannt sind und die einen ein Sensorkalibriertarget gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 haltenden Roboter zu steuern vermag;
– Steuern des das Sensorkalibriertarget haltenden Roboters durch die Steuereinrichtung derart, dass sich das Sensorkalibriertarget entsprechend einem vorgegebenen Algorithmus in Kenntnis der Position und Ausrichtung der Einrichtung um die Einrichtung bewegt und Erfassen von wenigstens einer Kalibrieraufnahme des Sensorkalibriertargets durch die wenigstens eine Sensoreinrichtung der Einrichtung an wenigstens einer vorgegebenen Position und Ausrichtung des Sensorkalibriertargets relativ zu der Einrichtung; und
– Übertragen der durch die wenigstens einen Sensoreinrichtung bei der wenigstens einen Kalibrieraufnahme erfassten Daten zu und Auswerten der übertragenen Daten durch eine digitale Recheneinrichtung zur Kalibrierung von wenigstens einem extrinsischen und/oder intrinsischen Parameter der wenigstens einen Sensoreinrichtung.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

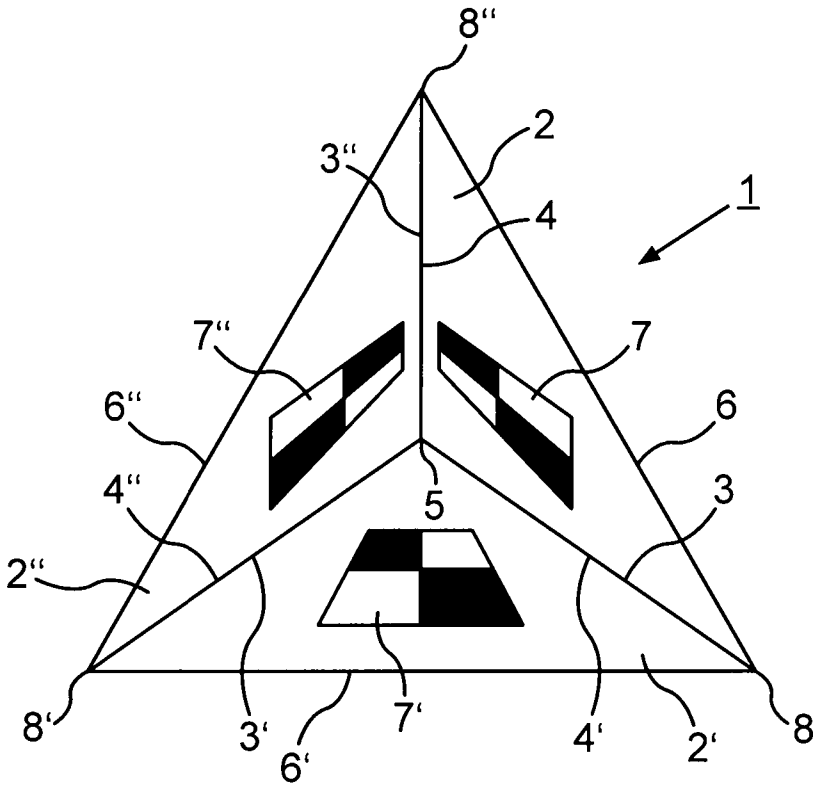


Fig.