

(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
26. Juni 2014 (26.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/095521 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01C 15/00 (2006.01) *G01S 5/16* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/076228
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. Dezember 2013 (11.12.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 223 924.3
20. Dezember 2012 (20.12.2012) DE
- (71) Anmelder: **HILTI AKTIENGESELLSCHAFT** [LI/LI];
Feldkircherstr. 100, CH-9494 Schaan (LI).
- (72) Erfinder: **WUERSCH, Christoph**; Im Städtli 13, CH-9470 Werdenberg (CH). **WINTER, Andreas**; Im Glend 5a, A-6800 Feldkirch (AT). **GOGOLLA, Torsten**; Obergass 54, CH-9494 Schaan (LI). **CRAMER, Till**; Fanalweg 5, CH-7307 Jenins (CH). **HABENBACHER, Herwig**; Illstrasse 61, A-6806 Feldkirch-Tosters (AT).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE POSITION COORDINATES OF A TARGET OBJECT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN DER ORTSKOORDINATEN EINES ZIELOBJEKTES

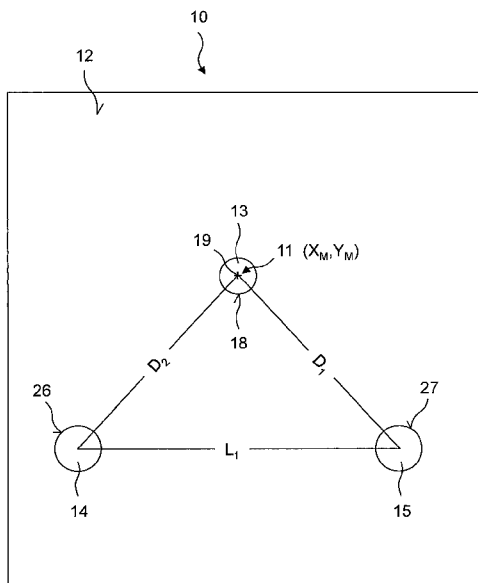


FIG. 1B

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the position coordinates (X_M , Y_M , Z_M) of a target object (11) in a measurement region (12) in at least two dimensions, wherein: in a first step, a target device (13) with a reflector element (18) is positioned on the target object (11) and a first base distance between a first and a second laser distance measuring device (14, 15) is determined; in a second step, a first distance, that of the first laser distance measuring device (14) from the target object (11) and a second distance, that of the second laser distance measuring device (15) from the target object (11), are determined by means of laser distance measurement using the laser distance measuring devices (14, 15); and, in a third step, the position coordinates (X_M , Y_M , Z_M) of the target object (11) are determined from the distances by means of a control device (17).

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Bestimmen der Ortskoordinaten (X_M , Y_M , Z_M) eines Zielobjektes (11) in einem Messgebiet (12) in mindestens zwei Dimensionen, wobei: in einem ersten Schritt am Zielobjekt (11) eine Zieleinrichtung (13) mit einem Reflektorelement (18) positioniert wird und ein erster Grundabstand zwischen einer ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15) ermittelt wird, in einem zweiten Schritt ein erster Abstand von der ersten Laserdistanzmesseinrichtung (14) zum Zielobjekt (11) und ein zweiter Abstand von der zweiten Laserdistanzmesseinrichtung (15) zum Zielobjekt (11) durch Laserdistanzmessung mittels der Laserdistanzmesseinrichtungen (14, 15) ermittelt werden, und in einem dritten Schritt die Ortskoordinaten (X_M , Y_M , Z_M) des Zielobjektes (11) aus den Abständen mittels einer Kontrolleinrichtung (17) berechnet werden.

WO 2014/095521 A1

Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes

5 Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 6.

Stand der Technik

10 DE 10 2010 023 461 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Bestimmen von zweidimensionalen Ortskoordinaten eines Zielobjektes bestehend aus einer Zieleinrichtung, einer als Rotationslaser ausgebildeten ersten Messeinrichtung, die einen ersten rotierenden Laserstrahl aussendet, einer als Rotationslaser ausgebildeten zweiten Messeinrichtung, die einen zweiten rotierenden Laserstrahl aussendet, und einer Kontrolleinrichtung mit einem Steuerelement
15 und einem Auswerteelement. Die beiden Rotationslaser und die Zieleinrichtung sind über geeignete Kommunikationsverbindungen mit der Kontrolleinrichtung verbunden. Die Zieleinrichtung umfasst ein Reflektorelement, das am Zielobjekt angebracht ist und die Ortskoordinaten des Zielobjektes markiert, und zwei Empfangselemente, die an den Rotationslasern angebracht sind und die am Reflektorelement reflektierten Laserstrahlen erfassen. Der erste
20 rotierende Laserstrahl wird am Reflektorelement reflektiert und trifft auf das erste Empfangselement der Zieleinrichtung, das beim Empfang des ersten Laserstrahls ein erstes Informationssignal an die Kontrolleinrichtung sendet. Der zweite rotierende Laserstrahl wird am Reflektorelement reflektiert und trifft auf das zweite Empfangselement, das beim Empfang des zweiten Laserstrahls ein zweites Informationssignal an die Kontrolleinrichtung sendet.
25 Über die Informationssignale, die die Empfangselemente an die Kontrolleinrichtung senden, erhält die Kontrolleinrichtung Informationen über die Zeitpunkte, an denen der erste und zweite Laserstrahl von den Empfangselementen erfasst wurden. Die beiden Rotationslaser sind jeweils mit einer Winkelmesseinrichtung ausgestattet. Zu dem Zeitpunkt, an dem die Empfangselemente den jeweiligen Laserstrahl empfangen, wird der aktuelle Winkel des Rotationslasers von der Winkelmesseinrichtung erfasst und an die Kontrolleinrichtung übermit-
30 telt. Aus den bekannten Ortskoordinaten der beiden Rotationslaser und den erfassten Winkeln zwischen den Rotationslasern und dem Zielobjekt berechnet das Auswerteelement der

Kontrolleinrichtung die Ortskoordinaten des Zielobjektes durch Triangulation. Triangulation basiert auf der Grundidee, dass ein Dreieck drei Seiten und drei Innenwinkel aufweist und bei drei bekannten Größen die drei unbekanntes Größen des Dreiecks berechnet werden können.

- 5 Die bekannte Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes weist den Nachteil auf, dass die erste und zweite Messeinrichtung jeweils eine Winkelmesseinrichtung benötigen, die die Komplexität und Kosten der Messeinrichtungen erhöhen. Außerdem eignet sich die bekannte Vorrichtung nur zum Bestimmen von zweidimensionalen Ortskoordinaten innerhalb einer Messebene, dreidimensionale Ortskoordinaten in einem Messraum können nicht bestimmt werden. Durch die rotierenden Laserstrahlen der beiden Messeinrichtungen ist eine zeitgleiche Messung nicht möglich. Die zeitversetzte Messung führt vor allem bei Zielobjekten, die sich schnell innerhalb der Messebene bewegen, zu Messfehlern bei den Ortskoordinaten des Zielobjektes. Die Bestimmung der Ortskoordinaten durch Triangulation über Winkelmessungen besitzt außerdem den Nachteil, dass der Messfehler proportional zur Entfernung ist. Vor allem bei großen Entfernungen, beispielsweise grösser als 30 m, ist eine hohe Genauigkeit der Winkelmesseinrichtungen erforderlich, was die Kosten für die Winkelmesseinrichtungen und damit die bekannte Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten weiter erhöht.

- Aus EP 0 717 261 B1 ist eine Vorrichtung zum Bestimmen von dreidimensionalen Ortskoordinaten eines Zielobjektes in einem dreidimensionalen Messraum mittels Triangulation bekannt. Der dreidimensionale Messraum wird in eine zweidimensionale Messebene und eine zur Messebene senkrechte Richtung unterteilt. Die Vorrichtung besteht aus einer Zieleinrichtung, die das Zielobjekt markiert, einer horizontalen Vorrichtung zum Bestimmen der zweidimensionalen Ortskoordinaten des Zielobjektes in der Messebene und einer vertikalen Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinate des Zielobjektes in der senkrechten Richtung sowie einer Kontrolleinrichtung mit einem Steuerelement und einem Auswerteelement. Die horizontale Vorrichtung umfasst eine als Rotationslaser ausgebildete erste Messeinrichtung, die einen in der Messebene rotierenden ersten Laserstrahl aussendet, und eine als Rotationslaser ausgebildete zweite Messeinrichtung, die einen in der Messebene rotierenden zweiten Laserstrahl aussendet; die vertikale Vorrichtung umfasst eine als Rotationslaser ausgebildete dritte Messeinrichtung, die einen zur Messebene senkrechten, rotierenden dritten Laserstrahl aussendet. Die Rotationslaser und die Zieleinrichtung sind über geeignete Kommunikationsverbindungen mit der Kontrolleinrichtung verbunden. Jeder Rotationslaser umfasst ein Sendeelement, das den Laserstrahl aussendet, einen Transmitter, der ein Informationssignal aussendet, und eine Referenzmarke, die einen Referenzwinkel festlegt. Wenn der rotierende Laserstrahl die Referenzmarke passiert, sendet der Transmitter ein Informationssig-

nal aus, das an die Zieleinrichtung übermittelt und von einem Detektor der Zieleinrichtung erfasst wird. Die Zieleinrichtung umfasst einen ersten Detektor zum Empfangen der Laserstrahlen und einen zweiten Detektor zum Empfangen der Informationssignale. Der erste Detektor weist mehrere Empfangselemente auf, die beim Auftreffen eines Laserstrahls einen elektrischen Puls aussenden; der elektrische Puls wird über die Kommunikationsverbindung an die Kontrolleinrichtung übermittelt. Die Kontrolleinrichtung bestimmt aus den Zeitpunkten, an denen die Laserstrahlen und die Informationssignale von der Zieleinrichtung erfasst werden, die Winkel des Zielobjektes.

Die bekannte Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes weist den Nachteil auf, dass eine hohe Genauigkeit bei den Winkelmessungen die Anforderungen an die Drehwinkelgeschwindigkeiten erhöht. Vor allem bei großen Entfernungen, beispielsweise grösser als 30 m, muss die Drehwinkelgeschwindigkeit sehr gleichmäßig sein. Die hohe Konstanz der Drehwinkelgeschwindigkeit erfordert eine aufwändige Mechanik mit hoher Genauigkeit, was die Mechanik einerseits sehr kostspielig und andererseits sehr fehleranfällig macht. Durch die rotierenden Laserstrahlen ist eine zeitgleiche Messung nicht möglich. Die zeitversetzte Messung führt vor allem bei Zielobjekten, die sich schnell innerhalb des Messgebietes bewegen, zu Messfehlern bei den Ortskoordinaten des Zielobjektes.

Darstellung der Erfindung

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Entwicklung eines Verfahrens zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes in zwei oder drei Dimensionen, das für die Anwendung in Innenräumen geeignet ist und genaue Ortskoordinaten für das Zielobjekt liefert. Außerdem soll eine für das erfindungsgemäße Verfahren geeignete Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes entwickelt werden, wobei die Ortskoordinaten mit hoher Genauigkeit bei begrenztem apparativem Aufwand bestimmt werden können.

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes erfindungsgemäß durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 und bei der eingangs genannten Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß ist das Verfahren zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes in einem Messgebiet in mindestens zwei Dimensionen dadurch gekennzeichnet, dass:

- in einem ersten Schritt am Zielobjekt eine Zieleinrichtung mit einem Reflektorelement positioniert wird und ein erster Grundabstand zwischen einer ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung ermittelt wird,
- in einem zweiten Schritt ein erster Abstand von der ersten Laserdistanzmesseinrichtung zum Zielobjekt und ein zweiter Abstand von der zweiten Laserdistanzmesseinrichtung zum Zielobjekt durch Laserdistanzmessung mittels der Laserdistanzmesseinrichtungen ermittelt werden, und
- in einem dritten Schritt die Ortskoordinaten des Zielobjektes aus den Abständen mittels einer Kontrolleinrichtung berechnet werden.

10 Die Ortskoordinaten eines Zielobjektes mit Hilfe von Laserdistanzmesseinrichtungen zu bestimmen, hat den Vorteil, dass keine teure Winkelmesseinrichtung erforderlich ist und die Ortskoordinaten dennoch mit einer hohen Genauigkeit bestimmt werden können. Die Laserdistanzmessung ist eine etablierte Technologie und Laserdistanzmesseinrichtungen weisen gegenüber Totalstationen, die neben einer Laserdistanzmesseinrichtung eine Winkelmesseinrichtung aufweisen, einen Kostenvorteil auf. Die beiden Teilschritte des ersten Schrittes, Positionieren der Zieleinrichtung am Zielobjekt und Ermitteln des ersten Grundabstandes, können in beliebiger Reihenfolge oder gleichzeitig ausgeführt werden.

In einer Weiterentwicklung des Verfahrens wird im ersten Schritt zusätzlich ein zweiter Grundabstand zwischen der ersten und einer dritten Laserdistanzmesseinrichtung und/oder ein dritter Grundabstand zwischen der zweiten und der dritten Laserdistanzmesseinrichtung ermittelt, im zweiten Schritt wird zusätzlich ein dritter Abstand von der dritten Laserdistanzmesseinrichtung zum Zielobjekt durch Laserdistanzmessung mittels der dritten Laserdistanzmesseinrichtung ermittelt und im dritten Schritt werden die Ortskoordinaten des Zielobjektes zusätzlich aus dem dritten Abstand sowie dem zweiten und/oder dritten Grundabstand berechnet. Durch den Einsatz einer dritten Laserdistanzmesseinrichtung kann die Genauigkeit, mit der die zweidimensionalen Ortskoordinaten in einer Messebene bestimmt werden, erhöht werden. Die Genauigkeit nimmt ab, je näher das Zielobjekt an der Verbindungslinie zwischen der ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung angeordnet ist. Die dritte Laserdistanzmesseinrichtung ermöglicht außerdem die Bestimmung von dreidimensionalen Ortskoordinaten eines Zielobjektes in einem Messraum. Dabei entscheidet die Geometrie der Zieleinrichtung, die Anordnung der Laserdistanzmesseinrichtungen im Messgebiet sowie die Aufweitung und/oder Bewegung der Laserstrahlen, ob die Vorrichtung zum Bestimmen von zwei- oder dreidimensionalen Ortskoordinaten eingesetzt werden kann. Zur Bestimmung zweidimensionaler Ortskoordinaten wird eine Zieleinrichtung in Form eines Kreiszyinders oder eines Kreiszyinderabschnitts eingesetzt und zur Bestimmung dreidimensionaler Ortskoordinaten wird eine kugelförmige oder kugelabschnittsförmige Zieleinrichtung eingesetzt.

In dem speziellen Fall, dass die drei Laserdistanzmesseinrichtungen ein rechtwinkliges Dreieck bilden, ist neben dem ersten Grundabstand zwischen der ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung nur ein weiterer Grundabstand erforderlich, entweder der zweite Grundabstand zwischen der ersten und der dritten Laserdistanzmesseinrichtung oder der dritte Grundabstand zwischen der zweiten und der dritten Laserdistanzmesseinrichtung. In allen anderen Fällen, in denen die drei Laserdistanzmesseinrichtungen kein rechtwinkliges Dreieck bilden, sind der zweite und dritte Grundabstand für die Bestimmung der Ortskoordinaten erforderlich und werden im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens ermittelt.

Bevorzugt wird der erste, zweite und/oder dritte Grundabstand durch Laserdistanzmessung mittels der ersten, zweiten und/oder dritten Laserdistanzmesseinrichtung ermittelt. Da die Abstände zum Zielobjekt von den Laserdistanzmesseinrichtungen durch Laserdistanzmessung bestimmt werden, ist es vorteilhaft, auch die Grundabstände zwischen den Laserdistanzmesseinrichtungen durch Laserdistanzmessung zu bestimmen. Gegenüber mechanischen Abstandhaltern mit Messskala bietet die Laserdistanzmessung den Vorteil einer größeren Reichweite. Außerdem lässt sich die Laserdistanzmessung der Grundabstände einfacher in einen automatisierten Ablauf der Verfahrensschritte integrieren.

Besonders bevorzugt wird von jeder Laserdistanzmesseinrichtung eine Laserdistanzmessung zu den anderen Laserdistanzmesseinrichtungen ausgeführt und die Grundabstände zwischen den Laserdistanzmesseinrichtungen werden aus mehreren Distanzwerten gemittelt. Durch Mittelung der Grundabstände aus mehreren Distanzwerten werden die Genauigkeit der Grundabstände und damit die Genauigkeit der Ortskoordinaten des Zielobjektes erhöht.

Bevorzugt wird die Laserdistanzmessung von der ersten, zweiten und/oder dritten Laserdistanzmesseinrichtung zum Zielobjekt von der Kontrolleinrichtung zeitgleich ausgelöst. Das zeitgleiche Auslösen der Laserdistanzmessungen hat den Vorteil, dass Messfehler vor allem bei sich schnell bewegenden Zielobjekten verringert werden.

Insbesondere zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die Vorrichtung zum Bestimmen der Ortskoordinaten eines Zielobjektes in einem Messgebiet in mindestens zwei Dimensionen:

- eine Zieleinrichtung mit einem Reflektorelement, das die Ortskoordinaten des Zielobjektes festlegt,
- eine erste Laserdistanzmesseinrichtung mit einem ersten Sendeelement, das einen ersten Laserstrahl aussendet, einem ersten Empfangselement, das einen vom Reflektorelement zumindest teilweise reflektierten ersten Laserstrahl als ersten Empfangsstrahl empfängt, und einem ersten Kontrollelement,

- eine zweite Laserdistanzmesseinrichtung mit einem zweiten Sendeelement, das einen zweiten Laserstrahl aussendet, einem zweiten Empfangselement, das einen vom Reflektorelement zumindest teilweise reflektierten zweiten Laserstrahl als zweiten Empfangsstrahl empfängt, und einem zweiten Kontrollelement, und
- 5 ▪ eine Kontrolleinrichtung mit einem Steuerelement zum Steuern der Laserdistanzmesseinrichtungen und einem Auswerteelement zum Berechnen der Ortskoordinaten des Zielobjektes.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht es, die Ortskoordinaten eines Zielobjektes ohne Winkelmesseinrichtung mit hoher Genauigkeit zu bestimmen. Dadurch, dass keine
10 Winkelmesseinrichtung erforderlich ist, kann eine kostengünstige Vorrichtung realisiert werden, die die Ortskoordinaten des Zielobjektes mit hoher Genauigkeit messen kann. Laserdistanzmesseinrichtungen weisen gegenüber Totalstationen mit einer Winkelmesseinrichtung einen Kostenvorteil auf.

Bevorzugt ist eine dritte Laserdistanzmesseinrichtung vorgesehen mit einem dritten Sende-
15 element, das einen dritten Laserstrahl aussendet, einem dritten Empfangselement, das einen vom Reflektorelement zumindest teilweise reflektierten dritten Laserstrahl als dritten Empfangsstrahl empfängt, und einem dritten Kontrollelement. Die dritte Laserdistanzmesseinrichtung erhöht beim Bestimmen von zweidimensionalen Ortskoordinaten in einer Messebene die Genauigkeit, mit der die Ortskoordinaten bestimmt werden können, und ermöglicht es,
20 dreidimensionale Ortskoordinaten zu bestimmen. Dabei entscheidet die Geometrie der Zieleinrichtung, die Anordnung der Laserdistanzmesseinrichtungen sowie die Aufweitung und/oder Bewegung der Laserstrahlen, ob die Vorrichtung zum Bestimmen von zwei- oder dreidimensionalen Ortskoordinaten eingesetzt werden kann. Je mehr Laserdistanzmesseinrichtungen verwendet werden, umso genauer können die Ortskoordinaten des Zielobjektes
25 bestimmt werden und das Problem abgeschatteter Sichtlinien von den Laserdistanzmesseinrichtungen zur Zieleinrichtung wird gelöst. Bei zweidimensionalen Ortskoordinaten in der Messebene breiten sich die drei Laserstrahlen parallel zur Messebene aus. Um dreidimensionale Ortskoordinaten im Raum zu bestimmen, muss sich mindestens ein Laserstrahl nicht-parallel zu einer Ebene ausbreiten.

Bevorzugt weist die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung eine Reflexionsfläche zum Reflektieren des ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahls auf. Die
30 Grundabstände zwischen den Laserdistanzmesseinrichtungen können mit Hilfe der Reflexionsflächen bestimmt werden. Besonders bevorzugt ist an jeder Laserdistanzmesseinrichtung eine Reflexionsfläche vorgesehen und die Grundabstände zwischen den Laserdistanzmess-
35 einrichtungen können aus mehreren Distanzwerten gemittelt werden, wodurch die Genauigkeit der Grundabstände erhöht wird.

In einer ersten Variante weist die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung eine Strahlformungsoptik auf, die den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl mit einem Öffnungswinkel grösser als 80° aufweitet. Dabei kann die Aufweitung der Laserstrahlen in einer oder zwei Richtungen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Laserstrahlen erfolgen.

5 Die Aufweitung in einer Richtung erzeugt einen Linienstrahl, der für die Bestimmung zweidimensionaler Ortskoordinaten geeignet ist, und die Aufweitung in zwei Richtungen erzeugt einen kugelsegmentartig aufgeweiteten Laserstrahl für die Bestimmung dreidimensionaler Ortskoordinaten. Die Aufweitung der Laserstrahlen durch Strahlformungsoptiken bietet die Möglichkeit, ruhende Laserdistanzmesseinrichtungen einzusetzen. Bei ruhenden Laserdistanzmesseinrichtungen können die Laserdistanzmessungen zeitgleich ausgelöst werden, was bei sich schnell bewegendem Zielobjekten vorteilhaft ist und Messfehler reduziert. Die Laserdistanzmesseinrichtungen werden außerhalb des Messgebietes oder am Rand des Messgebietes angeordnet und so ausgerichtet, dass die aufgeweiteten Laserstrahlen das gesamte Messgebiet erfassen können. Die Aufweitung der Laserstrahlen mit einem Öff-

15 nungswinkel grösser als 80° eignet sich vor allem für die Bestimmung zweidimensionaler Ortskoordinaten. Wird der Laserstrahl kugelsegmentartig in zwei senkrechten Richtungen jeweils um einen Öffnungswinkel grösser als 80° aufgeweitet, besteht bei einer begrenzten Leistung des Laserstrahls die Gefahr, dass die Leistungsdichte des Empfangsstrahls für die Auswertung zu gering ist. Wenn eine ausreichende Leistung für den Laserstrahl verfügbar

20 ist, kann ein kugelsegmentartig aufgeweiteter Laserstrahl mit Öffnungswinkeln grösser als 80° zur Bestimmung dreidimensionaler Ortskoordinaten eingesetzt werden.

Unter dem Begriff "Strahlformungsoptik" werden sämtliche strahlformenden optischen Elemente, die einen Laserstrahl aufweiten, kollimieren oder fokussieren, zusammengefasst. Die Strahlformungsoptik kann aus einem optischen Element, in das eine oder mehrere optische

25 Funktionen integriert sind, oder aus mehreren nacheinander angeordneten optischen Elementen bestehen. Als Strahlformungsoptiken zur Aufweitung eines Laserstrahls eignen sich Zylinderlinsen, Kegelspiegel und ähnliche optische Elemente.

Besonders bevorzugt weitet die Strahlformungsoptik den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl in einer Richtung im Wesentlichen parallel zur Messebene auf. Dabei kollimiert oder fokussiert die Strahlformungsoptik den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl besonders bevorzugt in einer zur Messebene im Wesentlichen senkrechten Richtung. Diese Strahlformungsoptik eignet sich vor allem für die Bestimmung zweidimensionaler Ortskoordinaten und hat den Vorteil, dass die verfügbare Leistung des Laserstrahls optimal genutzt wird. Bei der Bestimmung von zweidimensionalen Ortskoordinaten in der Messebene ist in der zur Messebene senkrechten Richtung keine Aufweitung der Laserstrahlen erforderlich.

35 Die begrenzte Leistung des Laserstrahls wird in der Messebene verteilt. Ohne besondere Si-

cherheitsvorkehrungen dürfen Laserquellen der Laserklasse 2 eine maximale Leistung von 5 mW aufweisen. Wird der Laserstrahl zu stark aufgeweitet, besteht die Gefahr, dass die Leistungsdichte des Empfangsstrahls zu gering ist, um vom Empfangselement zuverlässig erkannt und ausgewertet zu werden.

- 5 In einer zweiten Variante weist die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung eine Motoreinheit auf, wobei die Motoreinheit den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl um eine zur Messebene senkrechte Drehachse oder um einen Drehpunkt bewegt. Die Drehung der Laserstrahlen bietet sich an, wenn die Leistungsdichte der Laserstrahlen nach der Aufweitung zu gering ist, um einen für die Laserdistanzmessung ausreichend starken
- 10 Empfangsstrahl zu erhalten. Die Drehung der Laserstrahlen um die zur Messebene senkrechte Drehachse kann als rotierende, scannende oder trackende Bewegung ausgeführt werden. Dabei werden die Laserstrahlen bei der rotierenden Bewegung kontinuierlich um die Drehachse gedreht, bei der scannenden Bewegung um die Drehachse periodisch hin und her bewegt und bei der trackenden Bewegung folgen die Laserstrahlen der Zieleinrichtung.
- 15 Die Drehung der Laserstrahlen um einen Drehpunkt ist für die Bestimmung dreidimensionaler Ortskoordinaten vorgesehen und wird bevorzugt mit einer Trackingeinrichtung, die die bewegte Zieleinrichtung verfolgt, eingesetzt. Die Motoreinheit der zweiten Variante kann mit einer Strahlformungsoptik, die die Laserstrahlen kollimiert oder fokussiert, kombiniert werden.
- 20 In einer dritten Variante weist die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung eine Strahlformungsoptik und eine Motoreinheit auf, wobei die Strahlformungsoptik den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl mit einem Öffnungswinkel bis 10° aufweitet und die Motoreinheit den ersten, zweiten und/oder dritten aufgeweiteten Laserstrahl um eine zur Messebene senkrechte Drehachse oder um einen Drehpunkt bewegt. Die Aufweitung der
- 25 Laserstrahlen und die Drehung um eine Drehachse (zweidimensional) oder einen Drehpunkt (dreidimensional) lassen sich kombinieren. Die Laserstrahlen werden von einer Strahlformungsoptik bis zu 10° aufgeweitet und die aufgeweiteten Laserstrahlen werden von einer Motoreinheit um eine Drehachse oder um einen Drehpunkt bewegt. Die Kombination von Strahlaufweitung und Drehung ermöglicht die Detektion von Empfangsstrahlen mit einer ausreichend starken Leistungsdichte für den Empfangsstrahl. Die Aufweitung der Laserstrahlen
- 30 kann in einer oder zwei Richtungen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Laserstrahlen erfolgen. Die Drehung der Laserstrahlen kann als rotierende, scannende oder trackende Bewegung ausgeführt werden.

Das Reflektorelement ist in einer bevorzugten Ausführung als rotationssymmetrischer Körper

35 oder als Abschnitt eines rotationssymmetrischen Körpers ausgebildet. Für zweidimensionale Messungen eignen sich Kreiszyylinder oder Kreiszyylinderabschnitte als Reflektorelement und

- für dreidimensionale Messungen eignen sich Kugeln oder Kugelabschnitte. Ein rotations-symmetrischer Körper hat den Vorteil, dass der Abstand von der Oberfläche zum Mittelpunkt aus allen Richtungen identisch ist. Die Ortskoordinaten des Zielobjektes liegen auf der Zylinderachse des Kreiszylinders oder im Mittelpunkt der Kugel. Der Radius des Kreiszylinders oder der Kugel ist in der Kontrolleinrichtung gespeichert oder wird vom Bediener in die Kontrolleinrichtung eingegeben. Für die Berechnung der Ortskoordinaten wird der Radius der Zieleinrichtung zur gemessenen Distanz zwischen der Laserdistanzmesseinrichtung und der Zieleinrichtung addiert. Außerdem wird die Verschiebung zwischen der Laserdistanzmesseinrichtung und dem Koordinatensystem der Vorrichtung berücksichtigt.
- 10 In einer bevorzugten Ausführung ist die Zieleinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung an einem handgeführten Werkzeuggerät angebracht. Während der Bearbeitung mit dem handgeführten Werkzeuggerät können mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung die aktuellen Ortskoordinaten des Werkzeuggerätes ermittelt werden.

Ausführungsbeispiele

- 15 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematischer und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, der Zeichnung sowie den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln für sich als auch in beliebiger Kombination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im Folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform oder beschränkt auf einen Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei gegebenen Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein. Der Einfachheit halber sind nachfolgend für identische oder ähnliche Teile oder Teile mit identischer oder ähnlicher Funktion gleiche Bezugszeichen verwendet.

Es zeigen:

- FIGN. 1A, B eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bestimmen von zweidimensionalen Ortskoordinaten eines Zielobjektes bestehend aus einer Zieleinrichtung, einer ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung und einem Handteil (FIG. 1A) sowie eine schematische Darstellung der geometrischen Verhältnisse zum Bestimmen der Ortskoordinaten (FIG. 1B);
- FIG. 2 die Vorrichtung der FIG. 1 mit der Zieleinrichtung, den Laserdistanzmesseinrichtungen und dem Handteil in Form eines Blockdiagramms; und
- FIG. 3 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bestimmen von Ortskoordinaten eines Zielobjektes in drei Dimensionen in einer schematischen Darstellung bestehend aus einer Zieleinrichtung und drei Laserdistanzmesseinrichtungen.

FIGN. 1A, B zeigen eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **10** zum Bestimmen der Ortskoordinaten X_M , Y_M eines Zielobjektes **11** in einem Messgebiet **12**. Das Messgebiet **12** ist als Fläche ausgebildet und die Ortskoordinaten X_M , Y_M des Zielobjektes **11** sind zweidimensional.

FIG. 1A zeigt die wesentlichen Komponenten der Vorrichtung **10** in einer schematischen Darstellung. Die Vorrichtung **10** umfasst eine Zieleinrichtung **13**, eine erste Laserdistanzmesseinrichtung **14**, eine zweite Laserdistanzmesseinrichtung **15** und ein Handteil **16** mit einer Kontrolleinrichtung **17**. Alternativ zur in FIG. 1A gezeigten Trennung von Zieleinrichtung **13** und Handteil **16** kann die Zieleinrichtung in das Handteil integriert sein.

Die Position des Zielobjektes **11** in der Messebene **12** wird mit Hilfe der Zieleinrichtung **13** markiert. Die Zieleinrichtung **13** weist ein Reflektorelement **18** zum Reflektieren von Laserstrahlen der ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung **14**, **15** auf. Das Reflektorelement **18** ist in der in FIG. 1A gezeigten Ausführung als Kreiszyylinder ausgebildet und die Ortskoordinaten des Zielobjektes **11** liegen auf der Zylinderachse **19** des Reflektorelementes **18**. Für die erfindungsgemäße Vorrichtung **10** ist wichtig, dass die Ortskoordinaten des Zielobjektes **11**, die im Mittelpunkt angeordnet sind, zu jedem Punkt auf der Oberfläche den gleichen Abstand aufweisen. Diese Bedingung ist in der Ebene durch einen Kreis bzw. einen Kreisabschnitt erfüllt. Der Abstand von der Oberfläche des Reflektorelementes **18** zum Zielobjekt **11** ist in der Kontrolleinrichtung **17** gespeichert oder wird vom Bediener in die Kontrolleinrichtung **17** eingegeben. Das Reflektorelement **18** kann an einer Messlatte **20** befestigt sein und wird vom Bediener am Zielobjekt **11** positioniert. Um die Zylinderachse **19** des Reflektorelementes **18** senkrecht zur Messebene **12** auszurichten, kann eine Nivelliereinrich-

tung, beispielsweise in Form einer Libelle oder eines anderen Neigungssensors, in die Messlatte 20 integriert sein. Alternativ zur Messlatte 20 kann die Zieleinrichtung 13 an einer Wand oder einer Decke befestigt sein, auf einen Boden gestellt werden oder beispielsweise an einem Fahrzeug oder einem Werkzeuggerät befestigt sein.

5 Die Bedienung der Vorrichtung 10 erfolgt über das Handteil 16, das der Bediener in der Hand hält. Die erste und zweite Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 führen eine oder mehrere Distanzmessungen durch und übermitteln die berechneten Distanzwerte an die Kontrolleinrichtung 17 im Handteil 16. Die Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15 sind über Kommunikationsverbindungen **21**, **22** mit der Kontrolleinrichtung 17 verbunden. Das Handteil 16
10 weist neben der Kontrolleinrichtung 17 eine Anzeigeeinrichtung **23** mit einem Display **24** sowie eine Bedienungseinrichtung **25** auf. Die Kontrolleinrichtung 17 der Vorrichtung 10 ist im Handteil 16 angeordnet und mit den Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15 über die Kommunikationsverbindungen 21, 22 verbunden. Alternativ kann die Kontrolleinrichtung 17 in der ersten oder zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 angeordnet sein.

15 FIG. 1B zeigt die geometrischen Abmessungen zwischen der Zieleinrichtung 13 und den Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15, die zum Bestimmen der zweidimensionalen Ortskoordinaten des Zielobjektes 11 herangezogen werden. Die erste und zweite Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 sind voneinander beabstandet so zum Zielobjekt 11 angeordnet, dass das Zielobjekt 11 nicht auf der Verbindungslinie zwischen den Laserdistanzmesseinrichtungen
20 14, 15 liegt; anderenfalls wird eine dritte Laserdistanzmesseinrichtung ergänzt, die die Genauigkeit erhöht, wenn das Zielobjekt 11 nahe der Verbindungslinie positioniert ist. Die zweidimensionalen Ortskoordinaten X_M , Y_M des Zielobjektes 11 werden aus einem Grundabstand L_1 zwischen der ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15, einem ersten Abstand D_1 von der ersten Laserdistanzmesseinrichtung 14 zum Zielobjekt 11 und einem zweiten Abstand D_2 von der zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 15 zum Zielobjekt 11 be-
25 stimmt.

Der Grundabstand L_1 kann durch Laserdistanzmessung der ersten und/oder der zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 ermittelt werden. Um die Genauigkeit der Laserdistanzmessung zu erhöhen, können beide Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15 eine Laserdistanzmessung ausführen und die gemessenen Abstände werden gemittelt. An der ersten
30 und/oder zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 ist eine Reflexionsfläche angebracht, die den Laserstrahl der anderen Laserdistanzmesseinrichtung 15, 14 reflektiert. FIG. 1A zeigt eine Ausführung mit einer ersten Reflexionsfläche **26** an der ersten Laserdistanzmesseinrichtung 14 und einer zweiten Reflexionsfläche **27** an der zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 15. Die erste und zweite Reflexionsfläche 26, 27 sind kreiszylinderförmig oder als
35 Abschnitt eines Kreiszyinders ausgebildet, für Vorrichtungen zur Bestimmung dreidimensio-

5 naler Ortskoordinaten eignen sich Kugeln oder Kugelabschnitte als Reflexionsflächen zur Ermittlung der Grundabstände. Alternativ können das erste und zweite Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 auf einem mechanischen Abstandhalter mit Messskala angebracht sein. Der Bediener liest den Abstand auf der Messskala ab und gibt ihn über eine Bedienungseinrichtung 25 ein.

Nach der Ermittlung des Grundabstandes L_1 führen die erste und zweite Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 jeweils eine Laserdistanzmessung zum Zielobjekt 11 durch. Die Laserdistanzmessungen zum Zielobjekt 11 können gleichzeitig oder zeitlich versetzt ausgeführt werden. Das gleichzeitige Auslösen der Laserdistanzmessungen hat den Vorteil, dass Messfehler vor allem bei sich schnell bewegenden Zielobjekten verringert werden. Die ermittelten Abstände L_1 , D_1 , D_2 werden an die Kontrolleinrichtung 17 übermittelt, die die zweidimensionalen Ortskoordinaten X_M , Y_M des Zielobjektes 11 berechnet. Anschließend können die Ortskoordinaten X_M , Y_M des Zielobjektes 11 an die Anzeigeeinrichtung 23 übermittelt werden, die die Ortskoordinaten für den Bediener auf dem Display 24 darstellt. Die Distanzmessungen der ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 erfolgen in dem internen Koordinatensystem der Vorrichtung 10 und müssen für eine absolute Bestimmung der Ortskoordinaten des Zielobjektes 11 mit einem äußeren Koordinatensystem verknüpft werden.

Neben der Bestimmung von Ortskoordinaten eines vorhandenen Zielobjektes kann die Vorrichtung 10 auch zum Auffinden von Ortskoordinaten verwendet werden. Dazu führt der Benutzer ein mit einer Messspitze oder ähnlichem ausgestattetes Reflektorelement, das auch im Handteil integriert sein kann, über eine Messfläche und sucht vorgegebene Ortskoordinaten. Die Ortskoordinaten können im Handteil manuell eingegeben werden oder sie werden über eine Kommunikationsverbindung von einem anderen Gerät an die Vorrichtung übermittelt.

25 **FIG. 2** zeigt die erste und zweite Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15, die Zieleinrichtung 13 und das Handteil 16 der Vorrichtung 10 in Form eines Blockdiagramms. Die erste und zweite Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 weisen einen koaxialen Aufbau auf und umfassen ein als Laserdiode ausgebildetes Sendeelement 31, ein als Fotodetektor ausgebildetes Empfangselement 32, eine Strahlteilungsoptik 33, eine Strahlformungsoptik 34 und ein Kontrollelement 35. Ein Index ".1" kennzeichnet die Komponenten der ersten Laserdistanzmesseinrichtung 14 und ein Index ".2" die Komponenten der zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 15. Die Laserdiode 31 sendet einen Laserstrahl 36 aus, der auf das Zielobjekt 11 gerichtet ist. Ein am Reflektorelement 18 der Zieleinrichtung 13 zumindest teilweise reflektierter Laserstrahl wird als Empfangsstrahl 37 vom Fotodetektor 32 detektiert. Das Kontrollelement 35 ist mit der Laserdiode 31 und dem Fotodetektor 32 verbunden und bestimmt aus dem Empfangsstrahl 37 die Distanz der Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15 zur Zieleinrichtung 13.

Bei dem in FIG. 2 dargestellten coaxialen Aufbau der Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15 wird der von der Laserdiode 31 ausgesandte Laserstrahl 36 mit Hilfe der Strahlteilungsoptik 33 räumlich vom Empfangsstrahl 37 getrennt. Die Strahlteilungsoptik 33 ist im Strahlengang des Laserstrahls 36 zwischen der Laserdiode 31 und der Strahlformungsoptik 34 und im Strahlengang des Empfangsstrahls 37 zwischen der Strahlformungsoptik 34 und dem Fotodetektor 32 angeordnet. Die Strahlformungsoptik 34 kann als einzelnes optisches Element oder als System aus mehreren optischen Elementen ausgebildet sein und formt sowohl den Laserstrahl 36 als auch den Empfangsstrahl 37. Im Unterschied zu bekannten Laserdistanzmesseinrichtungen, die einen fokussierten punktförmigen Laserstrahl auf das Zielobjekt richten, ist es bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 erforderlich, dass der Laserstrahl 36 einen größeren Winkelbereich erfasst. Dies kann durch eine Aufweitung des Laserstrahls 36 in der Messebene 12 oder durch eine Drehung des Laserstrahls 36 in der Messebene 12 erzielt werden. FIG. 2 zeigt Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15, bei denen die Laserstrahlen 36 mittels einer geeigneten Strahlformungsoptik 34 aufgeweitet werden. Als Strahlformungsoptiken 34 eignen sich unter anderem Zylinderlinsen und Kegeloptiken.

Die Kommunikation zwischen der Kontrolleinrichtung 17 und der Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 erfolgt über die Kommunikationsverbindung 21, 22, die ein erstes Sende- und Empfangselement 38 in der Laserdistanzmesseinrichtung 14, 15 mit einem zweiten Sende- und Empfangselement 39 im Handteil 16 verbindet. Die Berechnungen des Grundabstandes L_1 und der Abstände D_1 , D_2 erfolgen in den Kontrollelementen 35.1, 35.2 der Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15. Die Abstände L_1 , D_1 , D_2 werden über die Kommunikationsverbindungen 21, 22 an die Kontrolleinrichtung 17 übermittelt. Die Kontrolleinrichtung 17 umfasst ein Steuerelement 17.1 zur Steuerung der Laserdistanzmesseinrichtungen 14, 15 und ein Auswerteelement 17.2 zum Berechnen der Ortskoordinaten des Zielobjektes 11. Im Auswerteelement 17.2 der Kontrolleinrichtung 17 werden aus den Abständen L_1 , D_1 , D_2 die Ortskoordinaten des Zielobjektes 11 im internen Koordinatensystem der Vorrichtung 10 berechnet und ggfs. in ein externes Koordinatensystem transformiert. Bei ruhenden Zielobjekten können die Ortskoordinaten an die Anzeigeeinrichtung 23 übermittelt und auf dem Display 24 angezeigt werden.

FIG. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 50 zum Bestimmen der Ortskoordinaten X_M , Y_M , Z_M eines Zielobjektes 51 in einem Messgebiet 52. Die Vorrichtung 50 unterscheidet sich von der Vorrichtung 10 der FIG. 1A, B dadurch, dass drei Laserdistanzmesseinrichtungen vorgesehen sind. Durch den Einsatz einer dritten Laserdistanzmesseinrichtung kann die Genauigkeit, mit der zweidimensionale Ortskoordinaten in einer Messebene bestimmt werden, erhöht werden. Die Genauigkeit nimmt ab, je näher das Zielobjekt an der Verbindungslinie zwischen der ersten und zweiten Laserdistanzmessein-

richtung angeordnet ist. Die dritte Laserdistanzmesseinrichtung ermöglicht außerdem die Bestimmung von dreidimensionalen Ortskoordinaten eines Zielobjektes in einem Messraum.

Die Vorrichtung 50 umfasst eine Zieleinrichtung 53, eine erste Laserdistanzmesseinrichtung 54, eine zweite Laserdistanzmesseinrichtung 55 und eine dritte Laserdistanzmesseinrichtung 56 sowie das Handteil 16 mit der Kontrolleinrichtung 17. Die Geometrie der Zieleinrichtung 53 und die Anordnung der Laserdistanzmesseinrichtungen 54, 55, 56 entscheidet, ob die Vorrichtung 50 zum Bestimmen von zwei- oder dreidimensionalen Ortskoordinaten eingesetzt werden kann. Zur Bestimmung dreidimensionaler Ortskoordinaten wird eine kugelförmige oder kugelabschnittsförmige Zieleinrichtung 53 eingesetzt. Die Kugel weist auf der Außenseite ein Reflektorelement 57 auf und die Ortskoordinaten des Zielobjektes 51 liegen im Kugelmittelpunkt des Reflektorelementes 57.

Die zwei- oder dreidimensionalen Ortskoordinaten X_M , Y_M , Z_M des Zielobjektes 51 werden aus den Grundabständen L_1 , L_2 , L_3 zwischen den Laserdistanzmesseinrichtungen 54, 55, 56 und den Abständen D_1 , D_2 , D_3 der Laserdistanzmesseinrichtungen 54, 55, 56 zum Zielobjekt 51 bestimmt. FIG. 3 zeigt eine Anordnung, in der die Laserdistanzmesseinrichtungen 54, 55, 56 kein rechtwinkliges Dreieck bilden. In dem speziellen Fall, dass die drei Laserdistanzmesseinrichtungen 54, 55, 56 ein rechtwinkliges Dreieck bilden würden, wäre neben dem ersten Grundabstand L_1 zwischen der ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung 54, 55 nur ein weiterer Grundabstand erforderlich, entweder der zweite Grundabstand L_2 zwischen der ersten und dritten Laserdistanzmesseinrichtung 54, 56 oder der dritte Grundabstand L_3 zwischen der zweiten und dritten Laserdistanzmesseinrichtung 55, 56. In allen anderen Fällen sind der zweite und dritte Grundabstand L_2 , L_3 erforderlich und werden im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens ermittelt.

Da die Laserdistanzmesseinrichtungen 54, 55, 56 im Messgebiet 52 ortsfest angeordnet sind, müssen die Laserstrahlen das Messgebiet 52 erfassen können. Die Aufweitung der Laserstrahlen kann durch strahlformende optische Elemente erfolgen, die einen punktförmigen Laserstrahl in einer oder in zwei Richtungen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung aufweiten. Alternativ kann der Bereich, den ein Laserstrahl erfasst, durch eine rotierende, scannende oder trackende Bewegung des Laserstrahls vergrößert werden. Die rotierende oder scannende Bewegung der Laserstrahlen eignet sich vor allem für die Bestimmung zweidimensionaler Ortskoordinaten in einer Messebene. Die Laserstrahlen werden um eine zur Messebene senkrechte Drehachse kontinuierlich bewegt (rotierende Bewegung) oder periodisch hin und her bewegt (scannende Bewegung). Die trackende Bewegung des Laserstrahls eignet sich vor allem für die Bestimmung dreidimensionaler Ortskoordinaten und wird mit einer Trackingeinrichtung, die die sich bewegende Zieleinrichtung verfolgt, eingesetzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Ortskoordinaten (X_M, Y_M, Z_M) eines Zielobjektes (11; 51) in einem Messgebiet (12; 52) in mindestens zwei Dimensionen (X, Y, Z), wobei:
 - in einem ersten Schritt am Zielobjekt (11; 51) eine Zieleinrichtung (13; 53) mit einem Reflektorelement (18; 57) positioniert wird und ein erster Grundabstand (L_1) zwischen einer ersten und zweiten Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15; 53, 54) ermittelt wird,
 - in einem zweiten Schritt ein erster Abstand (D_1) von der ersten Laserdistanzmesseinrichtung (14; 54) zum Zielobjekt (11; 51) und ein zweiter Abstand (D_2) von der zweiten Laserdistanzmesseinrichtung (15; 55) zum Zielobjekt (11; 51) durch Laserdistanzmessung mittels der Laserdistanzmesseinrichtungen (14, 15; 54, 55) ermittelt werden, und
 - in einem dritten Schritt die Ortskoordinaten (X_M, Y_M, Z_M) des Zielobjektes (11; 51) aus den Abständen (L_1, D_1, D_2) mittels einer Kontrolleinrichtung (17) berechnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei:
 - im ersten Schritt zusätzlich ein zweiter Grundabstand (L_2) zwischen der ersten und einer dritten Laserdistanzmesseinrichtung (54, 56) und/oder ein dritter Grundabstand (L_3) zwischen der zweiten und der dritten Laserdistanzmesseinrichtung (55, 56) ermittelt werden,
 - im zweiten Schritt zusätzlich ein dritter Abstand (D_3) von der dritten Laserdistanzmesseinrichtung (56) zum Zielobjekt (51) durch Laserdistanzmessung mittels der dritten Laserdistanzmesseinrichtung (56) ermittelt wird, und
 - im dritten Schritt die Ortskoordinaten (X_M, Y_M, Z_M) des Zielobjektes (11; 51) zusätzlich aus dem dritten Abstand (D_3) sowie dem zweiten und/oder dritten Grundabstand (L_2, L_3) berechnet werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste, zweite und/oder dritte Grundabstand (L_1, L_2, L_3) durch Laserdistanzmessung mittels der ersten, zweiten und/oder dritten Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15; 54, 55, 56) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass von jeder Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15; 54, 55, 56) eine Laserdistanzmessung zu den anderen Laserdistanzmesseinrichtungen (14, 15; 54, 55, 56) ausgeführt wird und die Grundabstände (L_1, L_2, L_3) aus jeweils zwei Distanzwerten gemittelt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserdistanzmessung von der ersten, zweiten und/oder dritten Laserdistanzmesseinrichtung

(14, 15; 54, 55, 56) zum Zielobjekt (11; 51) von der Kontrolleinrichtung (17) zeitgleich ausgelöst wird.

6. Vorrichtung (10) zum Bestimmen von Ortskoordinaten (X_M , Y_M , Z_M) eines Zielobjektes (11; 51) in einem Messgebiet (12; 52) in mindestens zwei Dimensionen (X , Y , Z) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend:
- 5 ▪ eine Zieleinrichtung (13; 53) mit einem Reflektorelement (18; 57), das die Ortskoordinaten (X_M , Y_M , Z_M) des Zielobjektes (11; 51) festlegt,
 - 10 ▪ eine erste Laserdistanzmesseinrichtung (14; 54) mit einem ersten Sendeelement (31.1), das einen ersten Laserstrahl (36.1) aussendet, einem ersten Empfangselement (32.1), das einen vom Reflektorelement (18; 57) zumindest teilweise reflektierten ersten Laserstrahl als ersten Empfangsstrahl (37.1) empfängt, und einem ersten Kontrollelement (35.1),
 - 15 ▪ eine zweite Laserdistanzmesseinrichtung (15; 55) mit einem zweiten Sendeelement (31.2), das einen zweiten Laserstrahl (36.2) aussendet, einem zweiten Empfangselement (32.2), das einen vom Reflektorelement (18; 57) zumindest teilweise reflektierten zweiten Laserstrahl als zweiten Empfangsstrahl (37.2) empfängt, und einem zweiten Kontrollelement (35.2), und
 - 20 ▪ eine Kontrolleinrichtung (17) mit einem Steuerelement (17.1) zum Steuern der Laserdistanzmesseinrichtungen (14, 15; 54, 55) und einem Auswerteelement (17.2) zum Berechnen der Ortskoordinaten (X_M , Y_M , Z_M) des Zielobjektes (11; 51).
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Laserdistanzmesseinrichtung (56) mit einem dritten Sendeelement (31.3), das einen dritten Laserstrahl (36.3) aussendet, einem dritten Empfangselement (32.3), das einen vom Reflektorelement (57) zumindest teilweise reflektierten dritten Laserstrahl als dritten Empfangsstrahl (37.3) empfängt, und einem dritten Kontrollelement (35.3) vorgesehen ist.
- 25
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15; 54, 55, 56) eine Reflexionsfläche (26, 27) zum Reflektieren des ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahls (36.1, 36.2, 36.3) aufweist.
- 30
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15; 54, 55, 56) eine Strahlformungsoptik (34.1, 34.2, 34.3) aufweist, die den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl (36.1, 36.2, 36.3) mit einem Öffnungswinkel grösser als 80° aufweitet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlformungsoptik (34.1, 34.2, 34.3) den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl (36.1, 36.2, 36.3) in einer Richtung im Wesentlichen parallel zur Messebene (12) aufweitet.
- 5 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlformungsoptik (34.1, 34.2, 34.3) den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl (36.1, 36.2, 36.3) in einer zur Messebene (12) im Wesentlichen senkrechten Richtung kollimiert oder fokussiert.
- 10 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15; 54, 55, 56) eine Motoreinheit aufweist, wobei die Motoreinheit den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl (36.1, 36.2, 36.3) um eine zur Messebene (12) senkrechte Drehachse oder um einen Drehpunkt schwenkt.
- 15 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste, zweite und/oder dritte Laserdistanzmesseinrichtung (14, 15; 54, 55, 56) eine Strahlformungsoptik und eine Motoreinheit aufweist, wobei die Strahlformungsoptik den ersten, zweiten und/oder dritten Laserstrahl (36.1, 36.2, 36.3) mit einem Öffnungswinkel bis 10° aufweitet und die Motoreinheit den ersten, zweiten und/oder dritten aufgeweiteten Laserstrahl um eine zur Messebene senkrechte Drehachse oder um einen Drehpunkt bewegt.
- 20 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflektorelement als rotationssymmetrischer Körper (18; 57) oder als Abschnitt eines rotationssymmetrischen Körpers ausgebildet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Zieleinrichtung an einem handgeführten Werkzeuggerät angebracht ist.

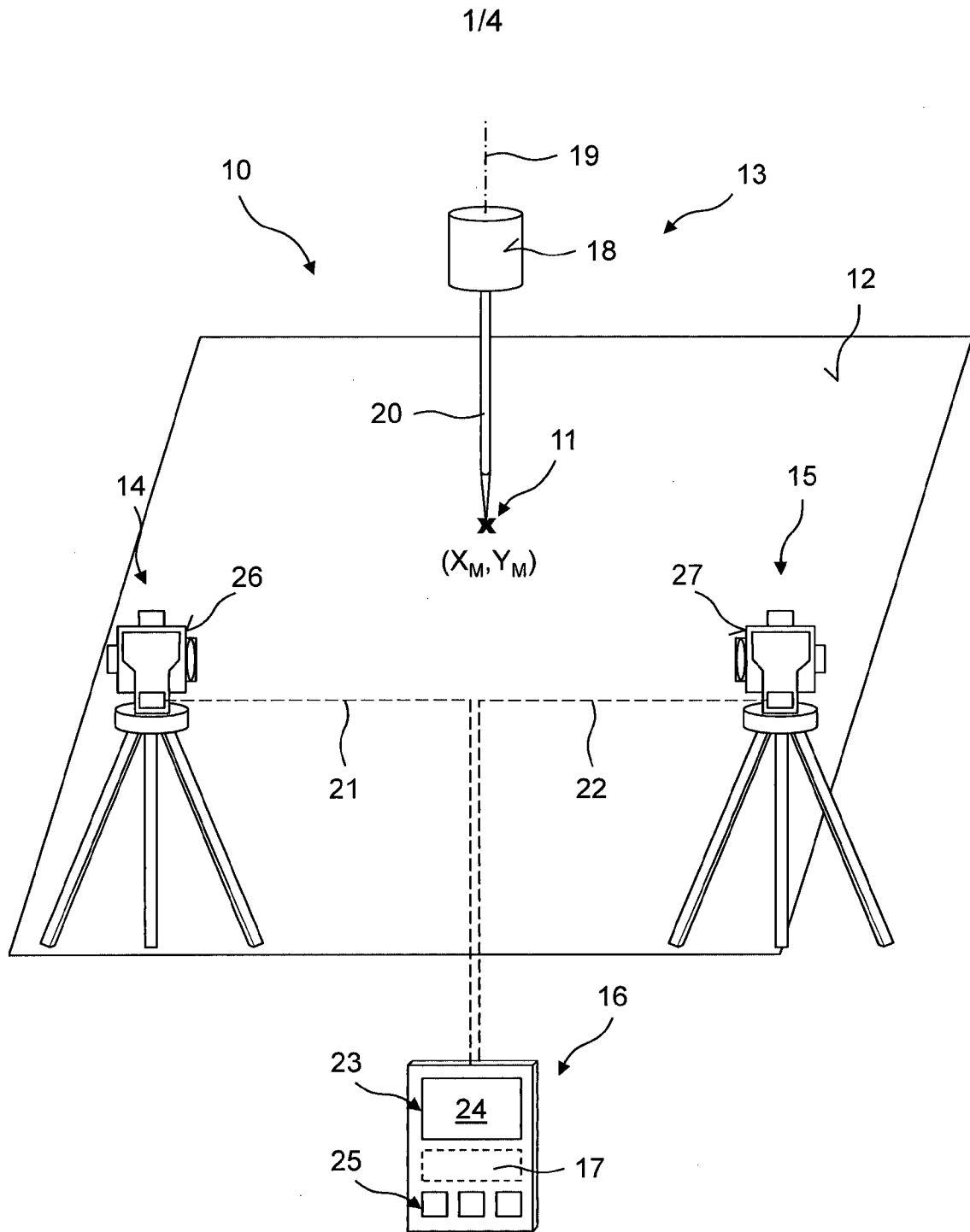


FIG. 1A

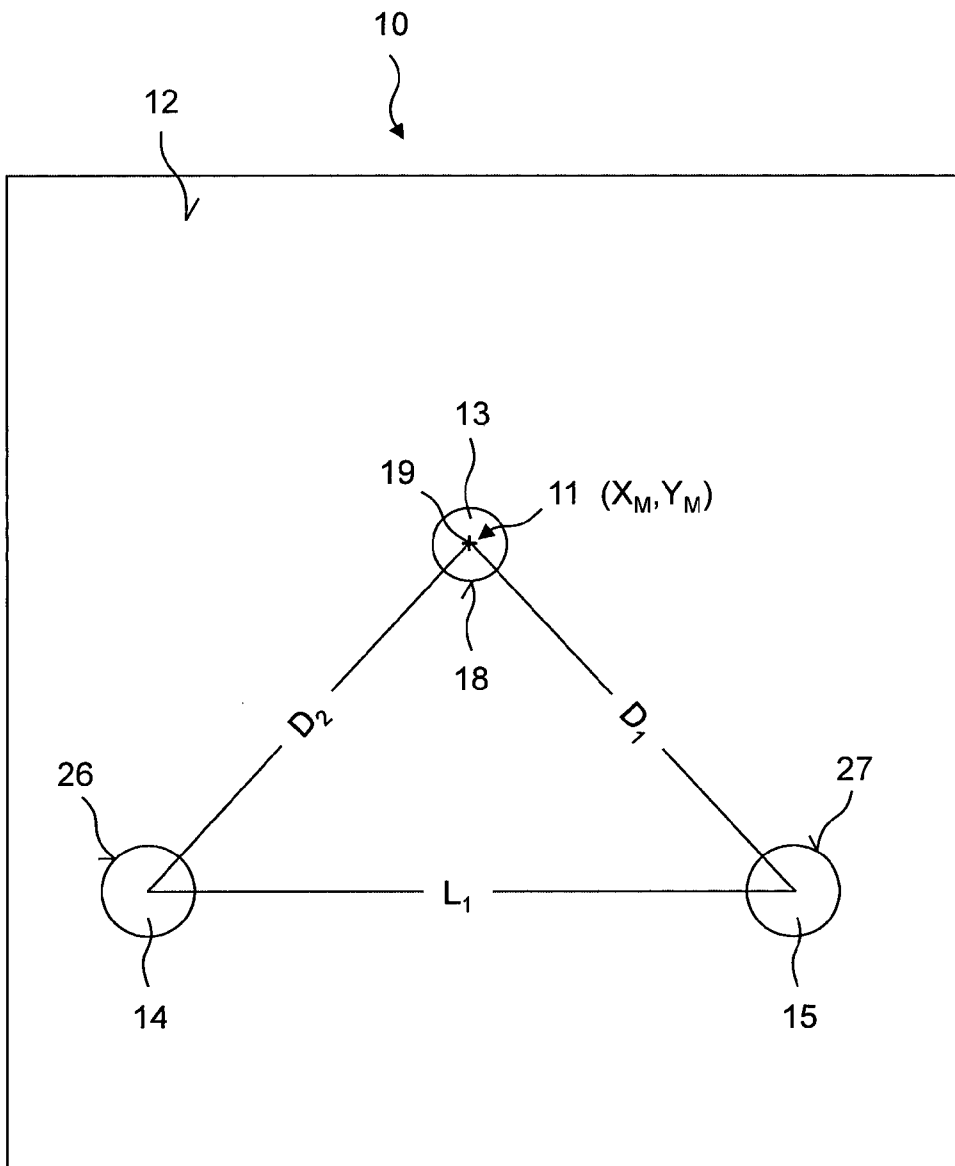


FIG. 1B

3/4

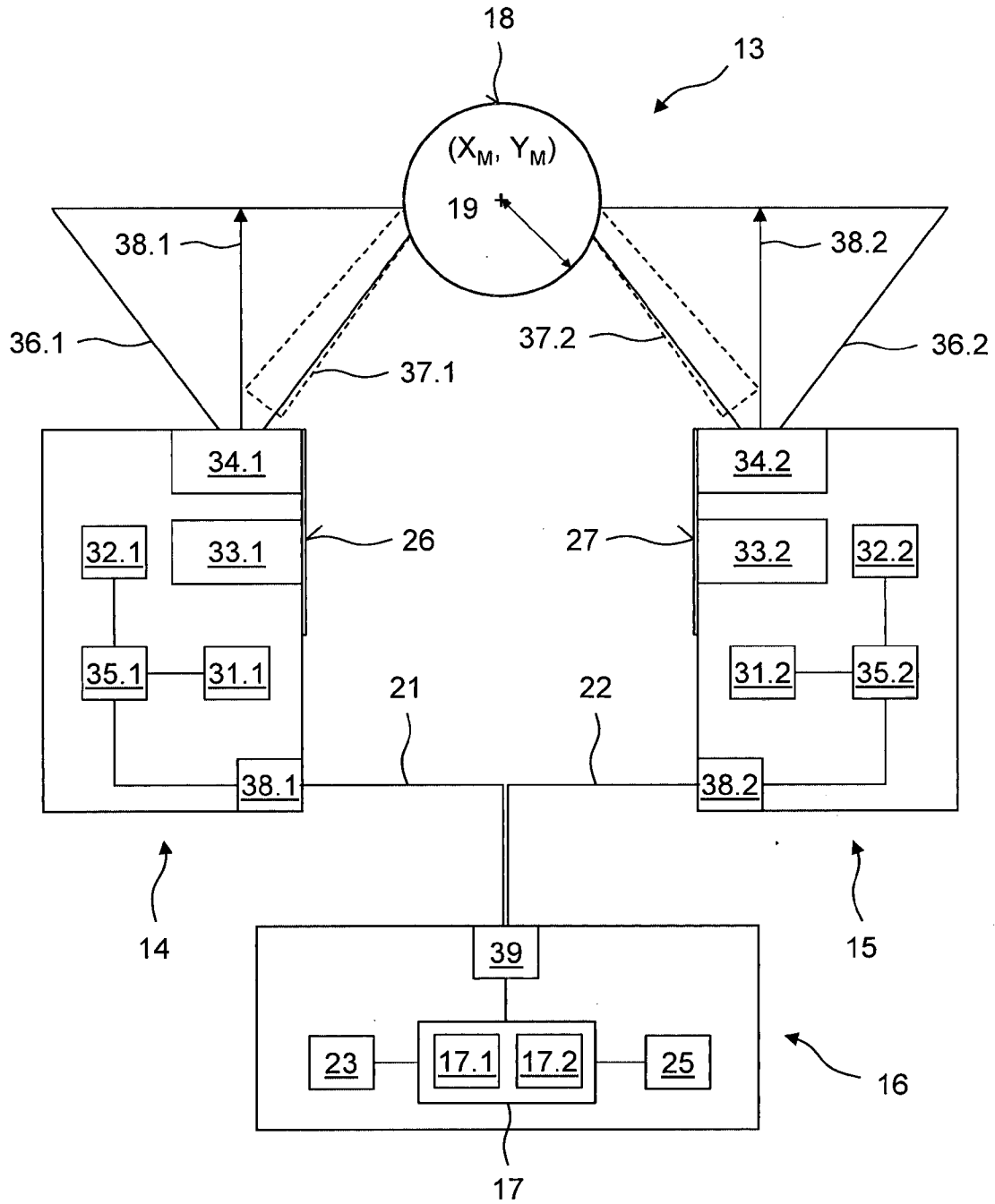


FIG. 2

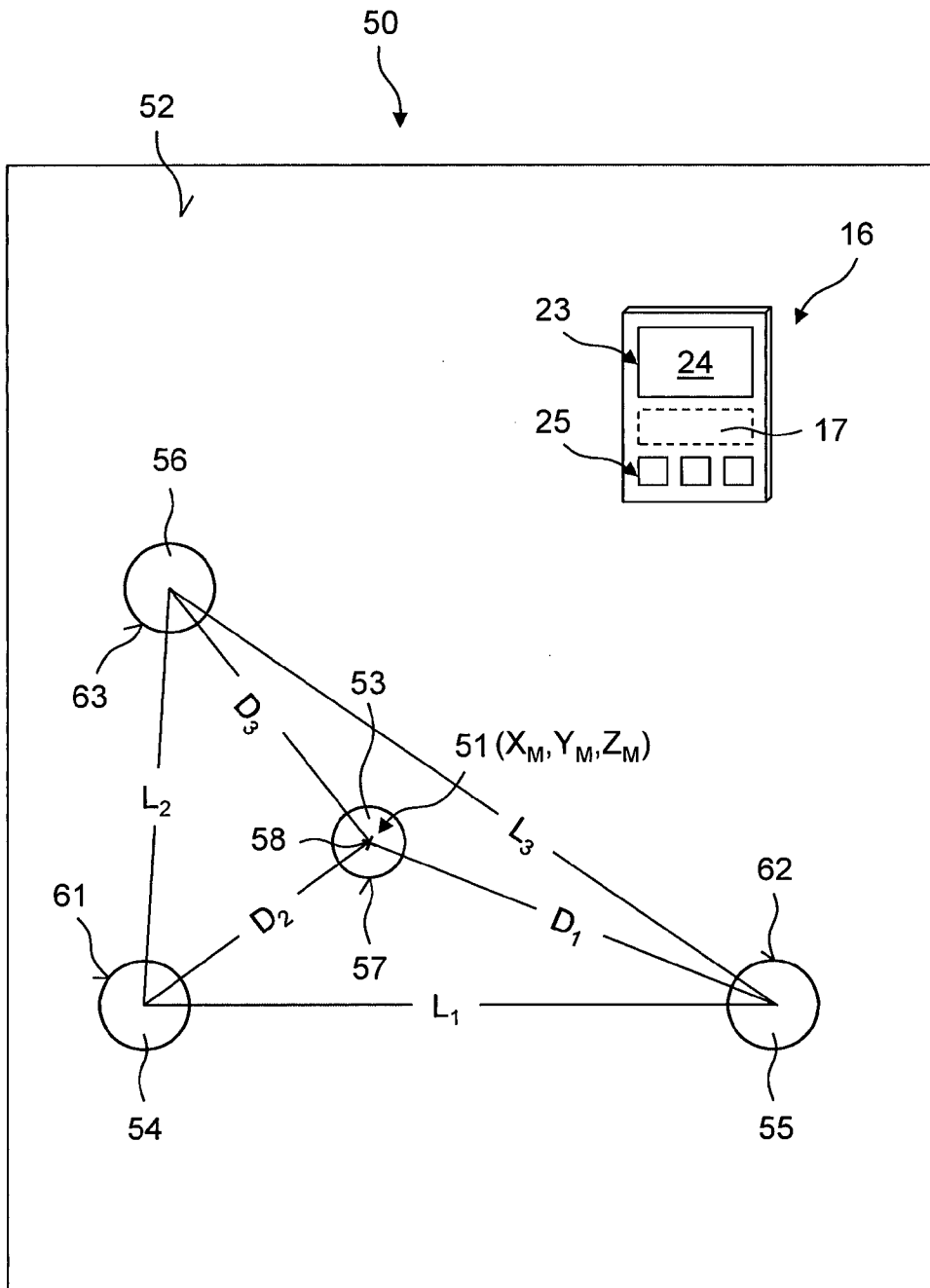


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/076228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01C15/00 G01S5/16
ADD.
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 G01S

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 practicable, 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 Y	US 3 680 958 A (BOSE ROBERT J VON) 1 August 1972 (1972-08-01) column 2, line 1 - column 6, line 17; figures	1,3,4,6, 8-13,15 14
X	----- EP 1 906 142 A2 (TOPCON CORP [JP]) 2 April 2008 (2008-04-02) paragraph [0113] - paragraph [0120] paragraph [0032]; figure 1,	1,2,5-7
Y	----- EP 1 770 360 A1 (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 4 April 2007 (2007-04-04) paragraph [0033]; figure 1 -----	14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 19 February 2014	Date of mailing of the international search report 27/02/2014
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Hoekstra, Frank
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/076228

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3680958	A	01-08-1972	NONE
EP 1906142	A2	02-04-2008	CN 101153913 A 02-04-2008
			EP 1906142 A2 02-04-2008
			JP 2008083001 A 10-04-2008
			US 2008100821 A1 01-05-2008
EP 1770360	A1	04-04-2007	AT 416361 T 15-12-2008
			AU 2006296828 A1 05-04-2007
			CA 2623979 A1 05-04-2007
			CN 101278171 A 01-10-2008
			EP 1770360 A1 04-04-2007
			EP 1929242 A1 11-06-2008
			JP 2009510413 A 12-03-2009
			US 2008252958 A1 16-10-2008
			WO 2007036309 A1 05-04-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/076228

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01C15/00 G01S5/16
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01C G01S
 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 3 680 958 A (BOSE ROBERT J VON) 1. August 1972 (1972-08-01)	1,3,4,6, 8-13,15
Y	Spalte 2, Zeile 1 - Spalte 6, Zeile 17; Abbildungen	14
X	EP 1 906 142 A2 (TOPCON CORP [JP]) 2. April 2008 (2008-04-02) Absatz [0113] - Absatz [0120] Absatz [0032]; Abbildung 1,	1,2,5-7
Y	EP 1 770 360 A1 (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 4. April 2007 (2007-04-04) Absatz [0033]; Abbildung 1	14

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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
19. Februar 2014	27/02/2014
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Hoekstra, Frank

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/076228

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3680958	A	01-08-1972 KEINE	
EP 1906142	A2	02-04-2008 CN 101153913 A EP 1906142 A2 JP 2008083001 A US 2008100821 A1	02-04-2008 02-04-2008 10-04-2008 01-05-2008
EP 1770360	A1	04-04-2007 AT 416361 T AU 2006296828 A1 CA 2623979 A1 CN 101278171 A EP 1770360 A1 EP 1929242 A1 JP 2009510413 A US 2008252958 A1 WO 2007036309 A1	15-12-2008 05-04-2007 05-04-2007 01-10-2008 04-04-2007 11-06-2008 12-03-2009 16-10-2008 05-04-2007