

(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
12. Mai 2022 (12.05.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/096337 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 17/42 (2006.01) G01S 17/66 (2006.01)
G01S 17/48 (2006.01) G05D 1/02 (2020.01)
G01S 7/48 (2006.01) G01S 13/931 (2020.01)
G06K 7/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/079794

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Oktober 2021 (27.10.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20205916.8 05. November 2020 (05.11.2020) EP

(71) Anmelder: **HILTI AKTIENGESELLSCHAFT** [LI/LI];
Feldkircherstrasse 100, 9494 Schaan (LI).

(72) Erfinder: **KORL, Sascha**; Oberdorfweg 11, 9470 Buchs (CH). **SCHMIDT, Peer**; Am Rehberg 27, 88131 Lindau (DE). **KUMAR, Nitish**; Frohlweg 18, 9470 Buchs (CH). **MORIN, Kristian**; Moos 2, 9470 Buchs (CH). **HELMBERGER, Michael**; Zürcherstrasse 39, 6700 Bludenz (AT).

(74) Anwalt: **HILTI AKTIENGESELLSCHAFT**; Corporate Intellectual Property, Feldkircherstrasse 100, 9494 Schaan (LI).

(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, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: METHOD FOR MEASURING POSITION, POSITION-MEASURING SYSTEMS AND MARKING

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR POSITIONSMESSUNG, POSITIONSMESSSYSTEME UND MARKIERUNG

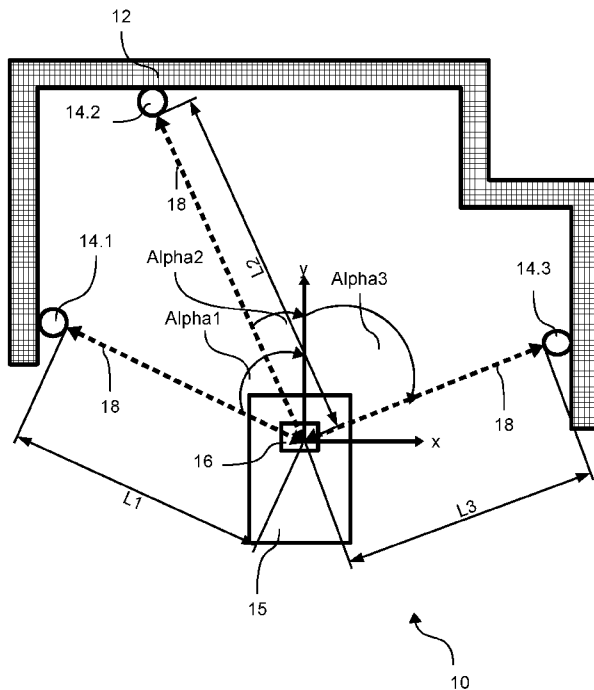


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method (100) for repeatedly measuring the position of a construction device (15), for example a mobile machine tool, at a construction site (10), for example an above-ground construction site or a below-ground construction site, wherein a position relative to at least two, preferably at least three, markings (14.1, 14.2, 14.3) is measured, comprising the following steps (110, 112, 114, 116): a. directly measuring the distances (L1, L2, L3) from a position-measuring system (16) disposed and/or formed on the construction device (15) to at least two of the markings (14.1, 14.2, 14.3), preferably to all the markings (14.1, 14.2, 14.3) lying in a field of view of the position-measuring system (16), and measuring the viewing angles (Alpha1, Alpha2, Alpha3) at which the at least two of the markings (14.1, 14.2, 14.3) appear from the position-measuring system (16), in order to perform a first position measurement of the construction device (15), and taking bearings on at least two of the markings (14.1, 14.2, 14.3) from the position-measuring system (16), in order to perform a second position measurement of the construction device (15). The invention also relates to position-measuring systems (16), to a mobile construction device (15) and to a marking (14.1, 14.2, 14.3) designed for said method (100) and for the apparatuses. The invention allows precise and high-frequency position measurements.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein Verfahren (100) zur wiederholten Positionsmessung eines Baugeräts (15), beispielsweise einer mobilen Werkzeugmaschine, auf einer Baustelle (10), beispielsweise auf einer Hochbau-Baustelle oder einer Tiefbau-Baustelle, wobei eine Position relativ zu wenigstens zwei, vorzugsweise wenigstens drei,



WO 2022/096337 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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)

Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) gemessen wird, umfassend die Schritte (110, 112, 114, 116): a. Direkte Messung der Distanzen (L1, L2, L3) ausgehend von einem am Baugerät (15) angeordneten und / oder ausgebildeten Positionsmesssystem (16) zu wenigstens zwei der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3), vorzugsweise zu allen in einem Sichtfeld des Positionsmesssystems (16) liegenden Markierungen (14.1, 14.2, 14.3), und Messung der Sichtwinkel (Alpha1, Alpha2, Alpha3), unter denen die wenigstens zwei der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) vom Positionsmesssystem (16) aus erscheinen, um eine erste Positionsmessung des Baugeräts (15) durchzuführen, und b. Anpeilen wenigstens zweier der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) vom Positionsmesssystem (16) aus, um eine zweite Positionsmessung des Baugeräts (15) durchzuführen. Des Weiteren werden Positionsmesssysteme (16), ein mobiles Baugerät (15) sowie für dieses Verfahren (100) und die Vorrichtungen eingerichtete Markierung (14.1, 14.2, 14.3) beschrieben. Die Erfindung ermöglicht präzise und hochfrequente Positionsmessungen.

Verfahren zur Positionsmessung, Positionsmesssysteme und Markierung

Beschreibung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur wiederholten Positionsmessung eines Baugeräts, beispielsweise einer mobilen Werkzeugmaschine, auf einer Baustelle. Bei zahlreichen, auf Baustellen verwendeten oder verwendbaren Geräten, beispielsweise bei Baurobotern, ist es erforderlich, die Position des Baugeräts innerhalb der Baustelle zu messen. Insbesondere sollte das Baugerät in der Lage sein, seine eigene Position auf der Baustelle zu messen.

10

Übliche Bautätigkeiten erfordern dazu vergleichsweise hohe Messgenauigkeiten, insbesondere sind Messgenauigkeiten im Bereich von 1 cm oder weniger, insbesondere im Bereich von 1 bis 10 mm, wünschenswert.

15 Soll sich das Baugerät beispielsweise auf der Baustelle fortbewegen, sind die Positionsmessungen zu wiederholen. Hohe Wiederholungsfrequenzen ermöglichen dabei besonders schnelle positionskontrollierte Fortbewegungen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie Vorrichtungen anzubieten,
20 die hochfrequente Positionsmessungen eines Baugeräts auf einer Baustelle erlauben.

Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur wiederholten Positionsmessung eines Baugeräts auf einer Baustelle, wobei die Position relativ zu wenigstens zwei, vorzugsweise wenigstens drei, Markierungen gemessen wird, umfassend die Schritte:

- 25 a. Direkte Messung der Distanzen ausgehend von einem am Baugerät angeordneten und / oder ausgebildeten Positionsmesssystem zu wenigstens zwei der Markierungen, vorzugsweise zu allen in einem Sichtfeld des Positionsmesssystems liegenden Markierungen, und Messung der Sichtwinkel, unter denen die wenigstens zwei der Markierungen vom Positionsmesssystem aus erscheinen, um eine erste Positionsmessung des Baugeräts durchzuführen, und
30 b. Anpeilen wenigstens zweier der Markierungen vom Positionsmesssystem aus, um eine zweite Positionsmessung des Baugeräts durchzuführen.

Das Baugerät kann beispielsweise eine, insbesondere mobile, Werkzeugmaschine, beispielsweise ein, bevorzugt mobiler, Bauroboter oder eine Handwerkzeugmaschine, sein. Das Baugerät kann zur Bearbeitung einer Decke, eines Bodens und / oder einer Wand der Baustelle eingerichtet sein. Es kann wenigstens eine Vorrichtung zum Bohren, Meißeln, allgemein

5 Schlagen und / oder Sprühen aufweisen. Es kann ein Fahrwerk aufweisen. Alternativ oder ergänzend kann es eine Flug- und / oder Schwebevorrichtung zur fliegenden und /oder schwebenden Fortbewegung des Baugeräts aufweisen. Beispielsweise kann das Baugerät auch ein, vorzugsweise unbemanntes, fliegendes Objekt, beispielsweise eine Drohne, sein.

10 Das Baugerät kann auch selbst ein Positionsmesssystem und / oder ein Positionsmarkierungsgerät, beispielsweise einen Rotations-, einen Strich-, einen Punkt- und / oder einen Linienlaser aufweisend, sein.

Die Baustelle kann eine Hochbau-Baustelle oder eine Tiefbau-Baustelle sein.

15

Der Erfindung liegt dabei der Gedanke zugrunde, durch einen Wechsel der Messmethoden zur Positionsmessung zu höheren Wiederholfrequenzen gelangen zu können. Insbesondere wird ausgenutzt, dass durch eine direkte Distanzmessung in Verbindung mit Messungen der Sichtwinkel den Markierungen Referenzpositionen besonders präzise zugeordnet werden

20 können. Diese erste Positionsmessung kann einmalig erfolgen. Um eine hohe Messgenauigkeit zu erreichen, können daher auch verhältnismäßig zeitaufwändige Messmethoden, beispielsweise Laufzeit-basierte Messmethoden, zur direkten Distanzmessung verwendet werden.

25 Anschließend kann durch Anpeilen der Markierungen unter Berücksichtigung der ermittelten Referenzpositionen eine vergleichsweise schnelle Messmethode, insbesondere für nachfolgende, wiederholte Positionsmessungen, verwendet werden. Dadurch lassen sich die nachfolgenden Positionsmessungen erheblich beschleunigen, sodass wiederholte, hochfrequente Positionsmessungen eines Baugeräts auf einer Baustelle möglich sind.

30

Unter einer direkten Distanzmessung kann eine Messung mittels eines Längenmessers verstanden werden, insbesondere eine Messung ohne Triangulation. Eine direkte Messung kann beispielsweise mechanisch, beispielsweise mittels eines Maßbandes oder dergleichen, oder optisch, beispielsweise mittels eines Lichtstrahls, erfolgen.

35

Zur Messung kann die zwischen zwei Messpunkten liegende Wegstrecke, beispielsweise mechanisch oder optisch, überbrückt werden. Beispielsweise kann die Laufzeit eines Lichtstrahls entlang der Wegstrecke oder der doppelten Wegstrecke, also sowohl eines Hin- als auch eines Rückweges entlang der Wegstrecke, gemessen werden.

5

Derartige direkte Messungen bieten den Vorteil, dass mit ihnen die zwischenliegende Wegstrecke unmittelbar, insbesondere ohne Kenntnis von Referenzpositionen oder Referenzstrecken oder dergleichen, ermittelbar ist. Sie sind in der Regel jedoch verhältnismäßig langsam und bieten daher lediglich geringe Wiederholfrequenzen. Je nach konkrete
10 verwendetem Messverfahren kann auch ein vergleichsweise hoher Auswertungs- und / oder Rechenaufwand anfallen, der wiederum die erreichbaren Wiederholfrequenzen limitiert.

Unter Anpeilen kann ein Messverfahren verstanden werden, das lediglich Winkelmessungen unter Bezugnahme auf vorab bekannte Referenzstrecken oder Referenzpositionen benötigt.

15

Für Positionsmessungen auf Baustellen genügen oftmals zweidimensionale Messungen. Denkbar ist daher, lediglich zwei Markierungen zu messen bzw. zu verwenden. Zur Genauigkeitsverbesserung ist es jedoch auch denkbar, mehr als zwei Markierungen, beispielsweise drei, vier oder fünf Markierungen, zu verwenden. Werden mehr als zwei
20 Markierungen verwendet, kann auch wenigstens eine dreidimensionale Positionsmessung erfolgen. Zur Genauigkeitsverbesserung können die Markierungen voneinander beabstandet, beispielsweise jeweils mindestens 1m voneinander beabstandet, sein.

Das Positionsmesssystem ist am Baugerät angeordnet und / oder ausgebildet; es kann somit
25 mit dem Baugerät mitbewegt werden. Die Position kann vom Baugerät und insbesondere nicht von einem etwaigen Drittgerät, beispielsweise einer separat aufgestellten automatischen Totalstation, aus bestimmt werden. Ein dauerhafter Sichtkontakt zu einem solchen Drittgerät, der insbesondere auf Baustellen oftmals nur schwer aufrecht zu erhalten ist, ist nicht erforderlich.

30

Die direkte Messung der Distanzen kann zum Beispiel mittels eines Laserdistanzmessers oder einer Time-Of-Flight (TOF)-Kamera erfolgen. Die direkten Messungen der Distanzen können auch mittels einer Kamera, beispielsweise unter Verwendung eines Simultaneous-Localization-and-Mapping (SLAM)-Algorithmus, erfolgen.

35

Zur berührungslosen Messung der Distanzen und / oder zur Messung von wenigstens einem der Winkel kann ein elektromagnetischer Strahl, insbesondere ein Laserstrahl, bevorzugt vom Positionsmesssystem aus, ausgestrahlt werden. Der elektromagnetische Strahl kann ein Mikrowellenstrahl, ein Radarstrahl, ein Infrarotstrahl, ein Lichtstrahl aus dem sichtbaren
5 Spektrum, ein UV-Lichtstrahl oder dergleichen sein. Zur Messung kann ein Strahldistanzmesser, beispielsweise ein Laserdistanzmesser, verwendet werden.

Der Laserdistanzmesser kann ein LIDAR, englisch für „light detection and ranging“, sein und /
10 oder umfassen. Das LIDAR kann am Positionsmesssystem ausgebildet und / oder angeordnet sein.

Wird bei der Messung der Distanzen und / oder der Sichtwinkel und / oder beim Anpeilen ein Intensitätssensor zur Messung einer Intensität einer Reflexion des Strahls verwendet, lassen sich auf besonders kostengünstige Weise auch Zeitreihen aufzeichnen. Allgemein können
15 Intensitätssensoren vergleichsweise kostengünstig messen und dennoch eine hohe zeitliche Auflösung bei gleichzeitig hoher geometrischer Auflösung aufweisen. Durch Auswertung einer solchen Zeitreihe kann auch wenigstens eine der Markierungen identifiziert werden.

Zur weiteren Steigerung der Messgenauigkeit können eine Inertialmesseinheit (IMU, englisch für
20 „inertial measurement unit“), und / oder einen Winkelencoder verwendet werden. Dies empfiehlt sich insbesondere bei der Messung der Sichtwinkel und / oder beim Anpeilen.

Der Winkelencoder kann beispielsweise eine jeweilige Strahlrichtung des Strahls erfassen. Die Inertialmesseinheit kann eingerichtet sein, Beschleunigungskräfte, beispielsweise die
25 Schwerkraft, des Baugeräts und / oder des Positionsmesssystems zu erfassen. Diese Zusatzinformationen können für eine Vorausrechnung zu erwartender Positionsinformationen und / oder zur Feststellung einer Lage und / oder Ausrichtung des Baugeräts verwendet werden.

Wird der Strahl in einer horizontalen oder zumindest im Wesentlichen horizontalen Ebene,
30 vorzugsweise um 360° , rotiert, so kann mithilfe eines einzigen Strahls das Sichtfeld rund um das Positionsmesssystem bzw. um das Baugerät erfasst werden. Somit lassen sich Möglichkeiten für die Platzierung der Markierungen, insbesondere innerhalb des Sichtfelds des Positionsmesssystems, erweitern. Ebenso lässt sich der Bereich erweitern, innerhalb dessen das Baugerät platziert werden kann, sodass die Position des Baugeräts mit dem
35 Positionsmesssystem bestimmbar ist oder bleibt.

Eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kann einen Suchschritt umfassen, in dem die wenigstens zwei Markierungen innerhalb der Baustelle durch das Positionsmesssystem, insbesondere mithilfe des Intensitätssensors, gesucht werden. Die Suche kann dadurch
5 erfolgen, dass der Strahl, insbesondere um 360°, rotiert wird, wobei die Intensitäten von Reflexionen des Strahls gemessen werden. Denkbar ist insbesondere, Markierungen anhand ihrer Reflexionseigenschaften in Bezug auf den Strahl zu detektieren. Zur Suche kann der Strahl in einer horizontalen oder zumindest im Wesentlichen horizontalen Ebene rotiert werden. Denkbar ist, insbesondere wenn während einer Umrundung des Strahls keine Markierung
10 detektiert werden kann, die Höhenlage der Ebene zu variieren. Dazu kann eine vertikale Auslenkung des Strahls, beispielsweise mittels einer Vertikalablenkeinheit, erfolgen. Das Ausmaß der vertikalen Ablenkung kann variiert werden, sodass sich das gesuchte Suchfeld über ein vertikal sich erstreckendes Band ausdehnt.

15 Denkbar ist, dass die hierzu verwendeten Markierungen charakteristische Reflexionseigenschaften, insbesondere charakteristische Reflexionsmuster, aufweisen.

Beispielsweise können sie einen Markierungsflächenbereich mit einem Streifenmuster aufweisen.

20 Vorzugsweise kann wenigstens eine der Markierungen mindestens 30 cm hoch sein. Somit lassen sich die Anforderungen an die Stellgenauigkeit der Vertikalablenkeinheit reduzieren und die Höhenlagen, auf denen die Markierungen angeordnet sind, brauchen nicht übereinstimmen.

25 In den Rahmen der Erfindung fällt des Weiteren ein Positionsmesssystem, eingerichtet zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend eine Distanzdirektmesseinheit zur direkten Messung einer Distanz zwischen dem Positionsmesssystem und einer Markierung, einer Sichtwinkelmesseinheit zur Messung eines Sichtwinkels, unter dem die Markierung vom Positionsmesssystem aus erscheint, sowie eine Anpeileinheit zum Anpeilen der Markierung. Ein
30 solches Positionsmesssystem ermöglicht die Nutzung der verfahrensgemäßen Vorteile, insbesondere erlaubt es mehrfache Positionsmessungen des Baugeräts bei verhältnismäßig hoher Wiederholfrequenz. Dabei können ein oder mehrere der Einheiten als einheitliches Element ausgebildet sein und / oder Teil einer anderen der Einheiten sein. Denkbar ist auch, dass wenigstens zwei der Einheiten einzelne ihrer Elemente gemeinsam nutzen. Beispielsweise
35 kann die Distanzmesseinheit ein LIDAR sein und eine Laserstrahlquelle sowie eine

Horizontalablenkeinheit umfassen. Die Laserstrahlquelle und / oder die Horizontalablenkeinheit können von der Anpeileinheit mitnutzbar und / oder auch Teil der Anpeileinheit sein.

Denkbar ist auch, dass die Anpeileinheit ein Kamerasystem aufweist. Das Kamerasystem kann
5 zur optischen Bildverarbeitung eingerichtet sein. Insbesondere kann es eingerichtet sein, in
einem vom Kamerasystem aufgenommenen Bild die Markierung zu erkennen und / oder einen
Winkel, beispielsweise relativ zu einem internen, insbesondere auf das Positionsmesssystem
und / oder das Baugerät bezogenen körpereigenen, Koordinatensystem, zu bestimmen, unter
dem die Markierung vom Positionsmesssystem aus gesehen erscheint.

10

Bei einer Variante des Verfahrens als auch für ein eigenständiges Verfahren zur
Positionsmessung eines als mobile Werkzeugmaschine ausgebildeten Baugeräts kann
vorgesehen sein, dass wenigstens eine Positionsbestimmung mittels eines mechanischen
Kontaktes mit einem Oberflächenbereich eines Bauelements der Baustelle erfolgt. Das
15 eigenständige Verfahren kann auch ein oder mehrere der vorangehend oder nachfolgend
beschriebenen Merkmale aufweisen.

Das Bauelement kann ein Betonelement, beispielsweise aus armiertem Beton, sein. Alternativ
kann es auch ein Bauelement aus Metall sein. Weitere Materialien sind ebenso denkbar. Das
20 Bauelement kann eine Wand, ein Boden und / oder eine Decke sein und / oder umfassen.

Häufig sind auszuführende Bauarbeiten in einem BIM (Building Information Model)-Modell
hinterlegt. Ein solches BIM-Modell kann in Form von CAD-Daten, Baubeschreibungen,
Datenlisten, Zeichnungen und / oder anderen Formen von Planungsdaten ausgebildet sein.

25

Den Bauarbeiten sind Positionen im BIM-Modell zugeordnet, denen reale Positionen auf der
Baustelle zugeordnet werden müssen, um die jeweiligen Bauarbeiten an der jeweils geeigneten
Position zu realisieren. Häufig bestehen jedoch Abweichungen zwischen einer Planung gemäß
dem BIM-Modell und der tatsächlichen Position von bereits errichteten Bauelementen oder
30 dergleichen.

Infolge einer solchen Abweichung sind dann oftmals auch andere Bauarbeiten anzupassen.
Beispielsweise sollte in der Regel die Position einer Bohrung einer Wand relativ zur Position der
Wand und / oder relativ zu einer anderen Position, beispielsweise einer anderen Bohrung, der
35 Wand, bestimmt werden. Dies selbst dann, wenn die Wand insgesamt mehr oder weniger

abweichend von der Planung gemäß BIM-Modell relativ zu einem Ausgangspunkt der Baustelle und / oder relativ zu einem Baustellen-bezogenen Koordinatensystem versetzt angeordnet ist.

Um somit derartige Abweichungen zu kompensieren, kann eine tatsächliche Position mittels des
5 mechanischen Kontakts ermittelt werden. Die relative Position dieses mechanischen Kontakts zu den wenigstens zwei Markierungen kann ermittelt werden. Beispielsweise können die Abstände zwischen dem mechanischen Kontakt und den wenigstens zwei Markierungen ermittelt werden. Allgemein kann eine Abweichung der Position des mechanischen Kontakts relativ zu den wenigstens zwei Markierungen und entsprechend geplanter Positionen gemäß
10 dem BIM-Modell ermittelt werden. Nachfolgende Positionsbestimmungen können um die ermittelte Abweichung korrigiert werden.

Der mechanische Kontakt kann zwischen dem Baugerät und dem Oberflächenbereich bestehen. Dazu kann das Baugerät einen Manipulator aufweisen. Der Manipulator kann in Form eines
15 Arms, insbesondere eines mehrachsigen Arms, beispielsweise mit mindestens drei und vorzugsweise mindestens sechs Freiheitsgraden, ausgebildet sein. Er kann einen Endeffektor aufweisen. Der Endeffektor kann eine Werkzeugmaschinenaufnahme, insbesondere zur Aufnahme einer elektrischen Werkzeugmaschine und / oder eines Messensors, aufweisen. Der mechanische Kontakt kann dann direkt und / oder indirekt zwischen dem Manipulator und dem
20 Oberflächenbereich erfolgen. Dazu kann der mechanische Kontakt beispielsweise zwischen einem in der Werkzeugmaschinenaufnahme aufgenommenen Gerät und dem Oberflächenbereich bestehen und / oder von dem Gerät und / oder dem Baugerät detektiert werden.

25 Die Position des mechanischen Kontakts kann der Position einer, insbesondere erfolgten und / oder zu erfolgenden, Oberflächenbearbeitung des Oberflächenbereiches entsprechen.

Die Oberflächenbearbeitung kann beispielsweise Bohren, Schneiden, Meißeln, Schleifen und / oder Umformen sein und / oder umfassen. Sie kann auch eine Erstellung des
30 Oberflächenbereiches, beispielsweise durch Gießen und / oder Stapeln von Baumaterial, umfassen.

Somit ist beispielhaft denkbar, an einer Position das Bauelement, beispielsweise eine Wand, eine Decke und / oder ein Boden, mechanisch zu kontaktieren. Beispielsweise kann an der
35 Position eine Bohrung in das Bauelement gebohrt werden. Dann kann diese Position als

tatsächliche Position der Bohrung zur Bestimmung weiterer Positionen verwendet werden. Insbesondere kann eine Abweichung der tatsächlichen Position von einer Soll-Position gemäß dem BIM-Modell ermittelt werden.

- 5 Der mechanische Kontakt kann auch dadurch zustande kommen, dass sich das Baugerät, dessen Position gemessen werden soll, auf der Baustelle in mechanischen Kontakt mit dem Bauelement gerät, beispielsweise während einer Bewegung des Baugeräts. Zur Detektion eines solchen mechanischen Kontakts kann das Baugerät einen Berührungssensor aufweisen.
- 10 Denkbar ist auch, dass das Baugerät an ein oder mehreren Testpositionen auf der Baustelle Bauelemente der Baustelle mechanisch kontaktiert. Insbesondere ist denkbar, die eine oder die mehreren Testpositionen mit dem Baugerät jeweils bis zum Vorliegen eines mechanischen Kontakts anzufahren. Es können dann beispielsweise jeweils Abweichungen und / oder Übereinstimmungen mit dem BIM-Modell erfasst werden.

15

Somit ergeben sich auch ein zusätzliches Verfahrensmerkmal sowie ein Verfahren zur Qualitätskontrolle einer Baustelle, bei dem wenigstens eine Testposition, vorzugsweise mehrere Testpositionen, der Baustelle von dem Baugerät angefahren werden und ein mechanischer Kontakt zu einem die jeweilige Testposition umfassenden Oberflächenbereich eines

- 20 Bauelements der Baustelle hergestellt wird. Weiter kann die jeweilige Position des jeweiligen mechanischen Kontakts bestimmt werden, beispielsweise nach einem der vorangehend oder nachfolgend beschriebenen Verfahren. Die jeweils bestimmte Position kann mit einer korrespondierenden Position gemäß einem BIM-Modell verglichen werden. Abweichungen und / oder Übereinstimmungen zwischen der jeweils bestimmten Position undh der

- 25 korrespondierenden Position können ermittelt werden.

Ein weiteres Verfahrensmerkmal sowie ein weiteres Verfahren ergeben sich ferner auch dadurch, dass eine Position auf einer Baustelle bestimmt wird, in dem ein mechanischer Kontakt mit einem Oberflächenbereich detektiert und / oder hergestellt wird und wobei wenigstens ein

30 weiteres Sensorsignal zur Positionsbestimmung der Position auf der Baustelle verwendet wird. Das weitere Sensorsignal kann beispielsweise einem mittels Laserstrahl ermittelten Distanzwertes und / oder einer Peilung entsprechen. Mehrere aus diesen Messungen resultierende Messwerte für die Position auf der Baustelle können zueinander abgeglichen werden. Der Abgleich kann beispielsweise mithilfe eines Kalman-Filters erfolgen.

35

Auch fällt in den Rahmen der Erfindung ein Positionsmesssystem zur wiederholten Positionsmessung eines Baugeräts, an dem das Positionsmesssystem anordenbar, ausbildbar, angeordnet und / oder ausgebildet ist, auf einer Baustelle, beispielsweise auf einer Hochbau-
5 Baustelle oder auf einer Tiefbau-Baustelle, wobei die Position relativ zu wenigstens zwei, vorzugsweise wenigstens drei, Markierungen messbar ist, umfassend eine Strahlquelle zur Erzeugung eines elektromagnetischen Strahls, eine Horizontalablenkeinheit zur Ablenkung des Strahls in einer horizontalen oder in einer zumindest im Wesentlichen horizontalen Ebene, einen Strahlendistanzmesser, und einen Intensitätssensor zur Messung einer Intensität einer
10 Reflexion des durch die Strahlquelle erzeugten Strahls. Auch ein solches Positionsmesssystem kann zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet sein.

Die beiden Varianten von Positionsmesssystem können ein oder mehrere der gegenständlichen, im Zusammenhang mit dem Verfahren beschriebenen Merkmale aufweisen. Beispielsweise
15 kann die Strahlquelle ein Laser sein. Insbesondere kann das Positionsmesssystem ein LIDAR aufweisen. Das Positionsmesssystem kann auch eine Vertikalablenkeinheit aufweisen. Das Positionsmesssystem kann auch einen Winkelencoder aufweisen. Die Strahlquelle kann einen Teil des Strahlendistanzmessers bilden.

20 Bei einer weiteren, besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das Positionsmesssystem einen Nullpunktdurchlaufsensor auf. Der Nullpunktdurchlaufsensor kann eingerichtet sein, einen Nullpunktdurchgang des Strahls während seiner Rotation zu detektieren. Er kann damit als Sensor zur Erfassung der Umlauffrequenz des Strahls eingerichtet sein.

25 Die Zeitdauer seit dem jeweils letzten Nullpunktdurchlauf kann ein Nullpunkt eines internen Koordinatensystems oder zumindest einer Achse des internen Koordinatensystems sein.

Besonders bevorzugt weist das Positionsmesssystem ein Kamerasystem auf. Das Kamerasystem kann eingerichtet sein, zeitgleich, im Wesentlichen zeitgleich oder zeitversetzt zu
30 ersten und / oder zweiten Positionsmessungen dritte Positionsmessungen zu messen. Dazu kann beispielsweise ein SLAM-Algorithmus in dem Kamerasystem und / oder in einem mit dem Kamerasystem verbundenen Rechnersystem implementierbar und / oder implementiert sein.

Des Weiteren stellt die Erfindung ein mobiles Baugerät für eine Baustelle, insbesondere für eine
35 Hochbau-Baustelle und / oder eine Tiefbau-Baustelle, beispielsweise ein Bauroboter, eine

Handwerkzeugmaschine oder ein Baumessgerät, mit einem erfindungsgemäßen Positionsmesssystem bereit. Das mobile Baugerät kann wenigstens eines der vorangehend beschriebenen Baugeräte aufweisen und / oder sein.

- 5 Des Weiteren stellt die Erfindung eine Markierung zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Verfahren und / oder zur Verwendung mit einem erfindungsgemäßen Positionsmesssystem bereit.

Die Markierung umfasst einen Messflächenbereich, der eingerichtet ist, einen
10 elektromagnetischen Strahl des Positionsmesssystems zu reflektieren. Die Reflexion kann matt oder glänzend sein. Der Reflexionsgrad kann im Bereich des Messflächenbereichs höher als der von Oberflächen, insbesondere aller Oberflächen, außerhalb des Messflächenbereichs sein. Insbesondere kann der Messflächenbereich einen grauen, insbesondere hellgrauen, oder einen
15 weißen Farbton aufweisen. Ein solcher Farbton kann einen verhältnismäßig hohen Anteil eingestreuten Lichts diffus reflektieren. Denkbar ist auch, dass der Messflächenbereich eine spiegelnde Oberfläche aufweist.

Besonders bevorzugt kann die Markierung wenigstens einen Markierungsflächenbereich aufweisen. Der Markierungsflächenbereich kann vom Messflächenbereich verschieden sein. Der
20 Markierungsflächenbereich kann ein Streifenmuster aufweisen. Innerhalb des Streifenmusters kann der Reflexionsgrad variieren. Das Streifenmuster kann, zumindest gemäß einer üblichen Verwendungsrichtung der Markierung, vertikal oder zumindest im Wesentlichen vertikal verlaufend ausgebildet sein. Es kann mehrere Markierungsflächenbereiche, insbesondere gemäß der üblichen Verwendungsrichtung der Markierung einen oberen und einen unteren
25 Markierungsflächenbereich, geben.

Die Markierung kann somit ein sandwichartiges Muster aufweisen. Der Messflächenbereich und / oder der Markierungsflächenbereich können ein Streifenmuster mit vertikal variierender Streifendichte und / oder Streifenbreite aufweisen. Hierdurch lässt sich die Identifikation von
30 Markierungen erleichtern. Je nach Ausgestaltung der Markierung, insbesondere des Markierungsflächenbereichs und des Messflächenbereichs, lassen sich auch Informationen zum Bereich oder Punkt, in dem der Strahl auf die Markierung auftrifft, aus der Intensität des reflektierten Lichts des Strahles ableiten.

- 35 Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Markierung ist zylinderförmig ausgebildet.

Dadurch kann die Markierung aus besonders vielen Richtungen aus erkannt und verwendet werden.

Die Höhe der Markierung kann größer als ihre Breite, insbesondere als ein größter

5 Durchmesser, der Markierung sein. Dabei können die Höhe und die Breite gemäß der üblichen Verwendungsrichtung der Markierung gemessen sein.

Beispielsweise kann die Markierung mindestens 30 cm hoch sein. Besonders bevorzugt kann der Messflächenbereich eine Höhe von mindestens 10 cm aufweisen. Hierdurch lassen sich die

10 Anforderungen an die Stellgenauigkeit der Vertikalablenkeinheit reduzieren und die Höhenlagen, auf denen die Markierungen angeordnet sind, brauchen nicht übereinstimmen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, anhand der Figuren der Zeichnung, die

15 erfindungswesentliche Einzelheiten zeigt, sowie aus den Ansprüchen. Die dort gezeigten Merkmale sind nicht notwendig maßstäblich zu verstehen und derart dargestellt, dass die erfindungsgemäßen Besonderheiten deutlich sichtbar gemacht werden können. Die verschiedenen Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen bei Varianten der Erfindung verwirklicht sein.

20

In der schematischen Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1** eine schematische Ansicht auf eine Baustelle von oben mit einem auf einem
5 Baugerät angeordneten Positionsmesssystem;
- Fig. 2** eine schematische Darstellung des Positionsmesssystems;
- Fig. 3** eine schematische Darstellung einer Markierung sowie abgerollte Darstellungen von
10 Oberflächenbereichen der Markierung;
- Fig. 4** ein Flussdiagramm des Verfahrens und
- Fig. 5** eine schematische Ansicht auf die Baustelle gemäß Fig. 1, wobei das Baugerät eine
15 Gebäudewand mechanisch kontaktiert.

In der nachfolgenden Beschreibung der Figuren werden zur Erleichterung des Verständnisses der Erfindung für gleiche oder sich funktional entsprechende Elemente jeweils die gleichen Bezugszeichen verwendet.

20

Fig. 1 zeigt eine Hochbau-Baustelle **10** mit einer Gebäudewand **12**. An der Gebäudewand **12** sind drei Markierungen **14.1**, **14.2** und **14.3** angeordnet.

Auf der Hochbaubau-Baustelle **10** befindet sich ein Baugerät **15**, auf dem ein
25 Positionsmesssystem **16** angeordnet ist. Das Baugerät **15** ist ein mobiler Bauroboter. Der mobile Bauroboter kann zur Bearbeitung von Böden, Decken und / oder Wänden, insbesondere zur Bearbeitung der Gebäudewand **12**, eingerichtet sein. Insbesondere kann er zum Bohren und / oder Meißeln ausgebildet sein.

30 Vom Positionsmesssystem **16** wird ein Laserstrahl **18** ausgestrahlt. Das Positionsmesssystem **16** rotiert den Laserstrahl **18** in einer horizontalen Ebene insgesamt um 360° auf Höhe der Markierungen **14.1**, **14.2** und **14.3**.

In Fig. 1 sind drei Situationen dargestellt, in denen der Laserstrahl **18** jeweils eine der
35 Markierungen **14.1**, **14.2** **14.3** während seiner Rotation trifft. In diesen Situationen bestimmt das

Positionsmesssystem 16 die Distanzen zwischen dem Positionsmesssystem 16 und den Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3 als Distanzen **L1**, **L2** und **L3**. Zudem misst das Positionsmesssystem 16 relativ zu einem internen, körpereigenen Koordinatensystem mit den Achsen **X** und **Y** jeweils Sichtwinkel **Alpha1**, **Alpha2** und **Alpha3**, unter denen die Markierungen 5 14.1, 14.2 und 14.3 jeweils ausgehend vom Positionsmesssystem 16 sichtbar sind.

Wie noch im Zusammenhang mit Fig. 4 näher ausgeführt wird, stellt somit Fig. 1 Situationen dar, in der das Positionsmesssystem 16 gemäß dem Schritt a des erfindungsgemäßen Verfahrens Messungen der Distanzen L1, L2 und L3 und der Sichtwinkel Alpha1, Alpha2 und Alpha3 10 vornimmt.

Fig. 2 zeigt in schematischer Weise den Aufbau des Positionsmesssystems 16.

Es weist eine Horizontalablenkeinheit **19** mit einem Motor **20**, beispielsweise ein Spindelmotor, 15 auf, einer Spindel **22**, einem Prismenspiegel **24** und einem Winkelencoder **28** auf. Der Motor **20** setzt die Spindel **22** in Rotation. Auf der Spindel **22** ist der Prismenspiegel **24** angeordnet. Der Prismenspiegel **24** rotiert somit mit der Spindel **22**, angetrieben durch den Motor **20**, mit. Er lenkt einen Laserstrahl **18**, der von einer Strahlquelle **26** erzeugt und ausgestrahlt wird, in einer horizontalen Ebene ab.

20

Der Prismenspiegel **24** ist vertikal verstellbar. Insbesondere kann je nach Stellung des Prismenspiegels **24** der Laserstrahl **18** unterschiedliche weit vertikal abgelenkt werden. Er bildet somit eine Vertikalablenkeinheit für den Laserstrahl **18**.

25 Eine Sensoreinheit **27** weist einen Intensitätssensor zur Erfassung von Intensitäten reflektierten Lichts des Laserstrahls **18** sowie einen Strahlendistanzmesser in Form einer Laufzeitmesseinheit zur Erfassung einer Hin- und Rücklaufzeit des Laserstrahls **18** auf. Insbesondere bilden die Strahlquelle **26**, der Strahlendistanzmesser und die Horizontalablenkeinheit **19** ein LIDAR.

30

Der von der Strahlquelle **26** erzeugte Laserstrahl **18** trifft gemäß der in Fig. 1 dargestellten Situationen auf die Markierungen 14.1 bzw. 14.2 (Fig. 1) bzw. 14.3 (Fig. 1) auf und wird von der jeweiligen Markierung 14.1, 14.2 oder 14.3 auf den Prismenspiegel **24** und sodann auf die Sensoreinheit **27** zurückreflektiert. Beispielhaft ist dazu in Fig. 2 die Markierung 14.1 in einer 35 schematischen Seitenansicht abgebildet.

Die Sensoreinheit 27 erfasst die Intensität des zurückreflektierten Lichts als auch die gesamte Laufzeit und damit die gesamte, zurückgelegte Wegstrecke des Laserstrahls 18.

- 5 Es versteht sich, dass die Sensoreinheit 27 auch derart ansteuerbar und nutzbar ist, dass lediglich eine der beiden Messgrößen erfasst wird. Insbesondere kann die Sensoreinheit 27 ausgebildet sein, lediglich die Intensität des zurückgestreuten Lichts zu erfassen.

Der Winkelencoder 28 ist eingerichtet, einen Drehwinkel der Spindel 22 und damit des
10 Prismenspiegels 24 und wiederum damit der Strahlrichtung des Laserstrahls 18 zu erfassen. Als Nullpunkt des erfassten Winkels ist dabei die Richtung der Achse Y (Fig. 1) gewählt.

Der Strahlendistanzmesser bildet eine Distanzdirektmesseinheit. Eine Sichtwinkelmesseinheit sowie eine Anpeileinheit sind durch die Strahlquelle 26, die Sensoreinheit 27, die
15 Horizontalablenkeinheit 19 und dem Winkelencoder 28 ausgebildet.

Fig. 3 zeigt die Markierung 14.1. Die Markierungen 14.2 und 14.3 (beide Fig. 1) sind identisch zur Markierung 14.1 ausgebildet.

20 Auf der linken Seite der Fig. 3 ist in einer perspektivischen Ansicht zu erkennen, dass die Markierung 14.1 zylinderförmig ausgebildet ist. Sie weist drei Teilbereiche an ihrer Umfangs-Außenseite auf. Insbesondere weist sie einen unteren Markierungsflächenbereich **30** sowie einen oberen Markierungsflächenbereich **34** auf, die einen dazwischen befindlichen Messflächenbereich **32** sandwichartig von oben und unten einschließen.

25

Wie insbesondere auch anhand der rechten Hälfte der Darstellung gemäß Fig. 3 erkennbar ist, die abgerollte Darstellungen der Teilbereiche zeigt, weisen der obere Markierungsflächenbereich 34 sowie der untere Markierungsflächenbereich 30 jeweils ein Streifenmuster auf. Die Streifenmuster weisen gemäß der üblichen Verwendungsrichtung der
30 Markierung 14.1 vertikal verlaufende Streifen auf. Zu erkennen ist insbesondere, dass die Streifen des Streifenmuster der Markierungsfläche 30 enger gewählt sind als die Streifen des Markierungsflächenbereichs 34.

Überstreicht somit der Laserstrahl 18 (Fig. 1) die Markierung 14.1 im Bereich der oberen
35 Markierungsfläche 34, so weist der zeitliche Intensitätsverlauf des zurückreflektierten Lichts des

Laserstrahl 18 einen niederfrequenten Rhythmus auf, wohingegen im Falle, dass der Laserstrahl 18 den unteren Markierungsflächenbereich 30 überstreicht, einen höherfrequenten Rhythmus des Intensitätsverlaufs messbar ist. Die beim Überstreichen detektierten Hell-Dunkel-Kontraste sind in ihrer Amplitude sowie in ihren Rhythmen dabei derart gewählt, dass eine Unterscheidung
5 der Markierung 14.1 gegenüber anderer Oberflächen der Baustelle 10 (Fig. 1) mit hinreichender Sicherheit möglich ist.

Überstreicht dagegen der Laserstrahl 18 den Messflächenbereich 32, so wird Licht mit einer verhältnismäßig hohen Intensität, jedoch ohne einer rhythmischen Modulation, zurückreflektiert
10 und kann dadurch detektiert werden. Die Detektion lässt sich noch hinsichtlich ihrer räumlichen Auflösung verbessern, in dem zur Lokalisierung der Markierung 14.1 beispielsweise ein Intensitätsmaximum des reflektierten Lichts ermittelt wird.

Anhand von **Fig. 4** soll nun das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Verfahrens **100**
15 erläutert werden.

Zur Erleichterung des Verständnisses des Verfahrens 100 wird zur Beschreibung von Elementen des Positionsmesssystems sowie anderer der vorangehend beschriebenen Elemente auf die vorangehenden eingeführten Bezugszeichen zurückgegriffen.
20

In einem Suchschritt **110** werden zunächst gemäß dem oben genannten Suchschritt des Verfahrens die Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3 innerhalb der Baustelle 10 gesucht bzw. lokalisiert.

25 Dazu wird der Laserstrahl 18 in Rotation versetzt und mittels des Prismenspiegels 24 vertikal abgelenkt. Die vertikale Ablenkung kann in Stufen, insbesondere in verhältnismäßig groben, der Höhe der Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3 entsprechenden, Stufen erfolgen.

Trifft dabei der Laserstrahl 18 auf eine der Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3, so kann seine
30 vertikale Ablenkung feinjustiert werden. Dazu kann anhand der Frequenz des zurückreflektierten Lichts darauf geschlossen werden, in welchem der Teilbereiche der Laserstrahl 18 auftrifft. Je nachdem, ob er beispielsweise auf die obere oder die untere Markierungsfläche 30 bzw. 34 auftrifft, wird der Strahl mittels des Prismenspiegels 24 weiter nach oben oder weiter nach unten abgelenkt, bis er letzten Endes auf die Messflächenbereiche 32 der Markierungen 14.1, 14.2 und
35 14.3 auftrifft.

Für eine erste Positionsmessung werden in einem Schritt a des Verfahrens, in Fig. 4 in einem Schritt **112** abgebildet, mittels der Sensoreinheit 27 die Distanzen L1, L2 und L3 sowie die Sichtwinkel Alpha1, Alpha2 und Alpha3 gemessen. Insbesondere werden die Sichtwinkel Alpha1, Alpha2 und Alpha3 relativ zum körpereigenen Koordinatensystem mit den Achsen X und Y gemessen. Dabei ist die Achse Y, die einer üblichen Vorwärtsrichtung des Baugeräts 15 entspricht, als Nulldurchgangsrichtung definiert.

Die Messung der Distanzen L1, L2 und L3 erfolgen durch Laufzeitmessung, d. h. TOF-Messung, der Laufzeit des Laserstrahls 18 von der Sensoreinheit 27 zu den jeweiligen Markierungen 14.1, 14.2 bzw. 14.3 und zurück zur Sensoreinheit 27.

Die Winkelmessungen erfolgen mithilfe des Winkelencoders 28, wobei jeweils der Winkel als Sichtwinkel Alpha1, Alpha2 bzw. Alpha3 gewertet wird, den der Laserstrahl 18 im jeweiligen Intensitätsmaximum des zurückreflektierten Lichts annimmt.

Aus den gewonnenen Daten können auch Distanzen und relativen Positionen der Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3 zueinander ermittelt werden.

Diese erste Positionsmessung erfolgt in der Regel einmalig innerhalb einer Folge mehrerer Positionsmessungen.

Weitere Positionsmessungen erfolgen anschließend gemäß dem im folgenden beschriebenen Schritt b des Verfahrens 100, der gemäß Fig. 4 von einem Schritt **114** umfasst ist.

Diese zweiten Positionsmessungen können wiederholt durchgeführt werden, insbesondere, wenn das Baugerät 15 auf der Baustelle 10 von einem Ort zu einem anderen Ort fortbewegt wird.

Diese zweiten Positionsmessungen erfolgen mittels Anpeilen der Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3.

Dazu wird wiederum der Laserstrahl 18, insbesondere um 360° , ausgehend vom Positionsmesssystem 16 rotiert.

Anhand der Intensitätsmaxima des zurückreflektierten Lichts und mithilfe des Winkelencoders 28 werden jeweils die Winkel erfasst, unter denen die Markierungen 14.1, 14.2, 14.3 jeweils vom Positionsmesssystem 16 aus erscheinen.

- 5 Unter der Annahme, dass die Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3 auf der Baustelle 10 ortsfest angeordnet sind, lässt sich somit jeweils die Position des Positionsmesssystems 16 und damit des Baugeräts 15 durch Triangulation ermitteln.

Vorzugsweise wird die Rotationsgeschwindigkeit des Laserstrahls 18 bei diesen zweiten
10 Positionsmessungen im Vergleich zu den Positionsbestimmungen gemäß dem Schritt a bzw. 112, beispielsweise auf die doppelte Rotationsgeschwindigkeit, erhöht.

Alternativ zur Rotation des Laserstrahls 18 ist auch denkbar, den Laserstrahl 18 lediglich innerhalb eines Korridors, insbesondere eines Kreissektors, zu lenken. Denkbar ist auch,
15 mehrere Laserstrahlen, insbesondere beispielsweise durch mehr als eine Strahlquelle erzeugt, zu verwenden. Auch ist eine Alternative denkbar, bei der der Laserstrahl 18 auf unterschiedliche Bereiche bzw. Kreissektoren umgeschaltet wird. Die Umschaltung kann beispielsweise ebenfalls mithilfe des Prismenspiegels 24 und / oder einer schaltbaren Flüssigkristallschicht erfolgen.

20 In einem Abschlussschritt 116 wird sodann überprüft, ob weitere Positionsmessungen vorzunehmen sind. Beispielsweise kann hierzu überprüft werden, ob das Baugerät 15 zur Ruhe gelangt ist oder seine Bewegung weiter fortsetzt. Im Falle weiterer Positionsmessungen wird erneut der Schritt 114 des Verfahrens 100 wiederholt, sodass weitere zweite
Positionsmessungen durchgeführt werden.

25 Anderenfalls wird das Verfahren 100 beendet.

Es versteht sich, dass nach jeweils einer oder mehrerer Positionsmessung das jeweilige Messergebnis an eine weitere Einheit, insbesondere an eine weitere Einheit des Baugeräts 15
30 zur weiteren Verwendung weitergeleitet werden kann.

Fig. 5 zeigt eine schematische Ansicht auf die Baustelle 10 gemäß Fig. 1, bei sich der das Baugerät 15 im Vergleich zu der Situation gemäß Fig. 1 auf einer anderen Position befindet.

35 Insbesondere kontaktiert das Baugerät 15 die Gebäudewand 12 mechanisch in einem

schematisch in Form einer Klammer dargestellten Oberflächenbereich 36 der Gebäudewand 12.

Um zu detektieren, dass das Baugerät 15 die Gebäudewand 12 mechanisch kontaktiert, kann das Baugerät 15 einen Berührungssensor aufweisen.

5

Nachdem das Baugerät 15 den mechanischen Kontakt mit der Gebäudewand 12 detektiert hat, werden Distanzen L4, L5 und L6 zu den Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3 mit Hilfe des rotierenden Laserstrahls 18 gemessen. Dies kann beispielsweise analog zu der in Bezug zu Fig. 1 beschriebenen Vorgehensweise erfolgen.

10

Unter Berücksichtigung der Abmessungen und / oder der Geometrie des Baugeräts 15 wird daraus eine Position des Oberflächenbereichs 36 bestimmt.

Die so bestimmte Position des Oberflächenbereichs 36 kann nun für weitere Positions- und /
15 oder Lagebestimmungen und / oder zur Bestimmung von Positionskorrekturwerten verwendet werden.

Sind beispielsweise eine Soll-Position des Oberflächenbereichs 36 und Positionen der
Markierungen 14.1, 14.2 und 14.3 innerhalb eines BIM-Modells bekannt, so kann ein
20 Abweichungswert als Differenz der gemessenen Distanzen L4, L5 und L6 zu den gemäß dem BIM-Modell zu erwartenden Distanzen ermittelt werden. Weitere Positionsmessungen, zum Beispiel nach dem vorangehend beschriebenen Verfahren, können um den so ermittelten Abweichungswert korrigiert werden.

25 Denkbar ist, dass eine solche Ermittlung eines Abweichungswertes auch mehr als einmalig erfolgt. Beispielsweise kann bei einem weiteren mechanischen Kontakt am selben Oberflächenbereich 36 oder bei einem anderen Oberflächenbereich des selben Bauelements, hier der Gebäudewand 12, oder bei einem mechanischen Kontakt mit einem anderen Bauelement ein weiterer Abweichungswert ermittelt werden.

30

Denkbar ist auch, ein oder mehrere Distanzmessungen zu einer oder mehreren der
Markierungen 14.1, 14.2, 14.3 oder gegebenenfalls weiterer Markierungen, dadurch zu
ersetzen, dass die Position des mechanischen Kontakts anstelle der Position der betreffenden
Markierung beziehungsweise Markierungen verwendet wird. Eine Distanzmessung per
35 Laserstrahl 18 zu der Position des mechanischen Kontakts kann sich dabei erübrigen.

Bezugszeichenliste

5	10	Baustelle
	12	Gebäudewand
	14.1	Markierung
	14.2	Markierung
	14.3	Markierung
10	15	Baugerät
	16	Positionsmesssystem
	18	Laserstrahl
	19	Horizontalablenkeinheit
	20	Motor
15	22	Spindel
	24	Prismenspiegel
	26	Strahlquelle
	27	Sensoreinheit
	28	Winkelencoder
20	30	Markierungsflächenbereich
	32	Messflächenbereich
	34	Markierungsflächenbereich
	36	Oberflächenbereich
	100	Verfahren
25	110	Suchschritt
	112	Schritt
	114	Schritt
	116	Abschlusschritt
		Alpha1Sichtwinkel
30		Alpha2Sichtwinkel
		Alpha3Sichtwinkel
	L1	Distanz
	L2	Distanz
	L3	Distanz
35	L4	Distanz

L5 Distanz
L6 Distanz
X Achse
Y Achse

5

Patentansprüche

1. **Verfahren** (100) zur wiederholten Positionsmessung eines als mobile Werkzeugmaschine ausgebildeten Baugeräts (15) auf einer Baustelle (10), beispielsweise auf einer Hochbau-Baustelle oder einer Tiefbau-Baustelle, wobei eine Position relativ zu wenigstens zwei, 5 vorzugsweise wenigstens drei, Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) gemessen wird, umfassend die Schritte (110, 112, 114, 116):
 - a. Direkte Messung der Distanzen (L1, L2, L3) ausgehend von einem am Baugerät (15) angeordneten und / oder ausgebildeten Positionsmesssystem (16) zu wenigstens zwei der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3), vorzugsweise zu allen in einem Sichtfeld des 10 Positionsmesssystems (16) liegenden Markierungen (14.1, 14.2, 14.3), und Messung der Sichtwinkel (Alpha1, Alpha2, Alpha3), unter denen die wenigstens zwei der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) vom Positionsmesssystem (16) aus erscheinen, um eine erste Positionsmessung des Baugeräts (15) durchzuführen, und
 - b. Anpeilen wenigstens zweier der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) vom 15 Positionsmesssystem (16) aus, um eine zweite Positionsmessung des Baugeräts (15) durchzuführen.
2. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass zur Messung der Distanzen (L1, L2, L3) und / oder zur Messung von wenigstens einem der 20 Winkel ein elektromagnetischer Strahl, insbesondere ein Laserstrahl (18), bevorzugt vom Positionsmesssystem (16) aus, ausgestrahlt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Messung der Distanzen (L1, L2, L3) und / oder der Sichtwinkel (Alpha1, Alpha2, 25 Alpha3) und / oder beim Anpeilen ein Intensitätssensor zur Messung einer Intensität einer Reflexion des Strahls verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, insbesondere bei der Messung der Sichtwinkel (Alpha1, Alpha2, Alpha3) und / oder beim 30 Anpeilen, eine Inertialmesseinheit und / oder ein Winkelencoder (28) verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahl in einer horizontalen oder zumindest im Wesentlichen horizontalen Ebene, vorzugsweise um 360°, rotiert wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend einen Suchschritt (110), in dem die wenigstens zwei Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) innerhalb der Baustelle (10) durch das Positionsmesssystem (16), insbesondere mithilfe des Intensitätssensors, gesucht werden.
- 5
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) einen Markierungsflächenbereich (30, 32) mit einem Streifenmuster aufweist.
- 10
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Markierungen (14.1, 14.2, 14.3) mindestens 30 cm hoch ist.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sichtwinkel (α_1 , α_2 , α_3) und / oder beim Anpeilen gemessene Winkel relativ zu einem internen, insbesondere körperbezogenen, Koordinatensystem des Baugeräts (15) gemessen werden.
- 15
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine weitere Positionsmessung durchgeführt wird, wobei ein Kamerasystem verwendet wird.
- 20
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Positionsbestimmung mittels eines mechanischen Kontaktes mit einem Oberflächenbereich (38) eines Bauelements, beispielsweise einer Gebäudewand (12), der Baustelle (10) erfolgt.
- 25
12. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des mechanischen Kontaktes der Position einer, insbesondere erfolgten und / oder zu erfolgenden, Oberflächenbearbeitung des Oberflächenbereiches (36) entspricht.
- 30

13. **Positionsmesssystem (16)**, eingerichtet zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine Distanzdirektmesseinheit zur direkten Messung einer Distanz zwischen dem Positionsmesssystem (16) und einer Markierung (14.1, 14.2, 14.3), einer Sichtwinkelmesseinheit zur Messung eines Sichtwinkels (Alpha1, Alpha2, Alpha3), unter dem die Markierung (14.1, 14.2, 14.3) vom Positionsmesssystem (16) aus erscheint, sowie eine Anpeileinheit zum Anpeilen der Markierung (14.1, 14.2, 14.3).
- 5
14. Positionsmesssystem nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Positionsmesssystem (16) ein Kamerasystem aufweist.
- 10
15. **Mobiles Baugerät (15)**, insbesondere für eine Baustelle (10), insbesondere eine Hochbau-Baustelle und/oder eine Tiefbau-Baustelle, beispielsweise ein Bauroboter, eine Handwerkzeugmaschine oder ein Baumessgerät, mit einem Positionsmesssystem (16) nach einem der Ansprüche 13 oder 14.
- 15

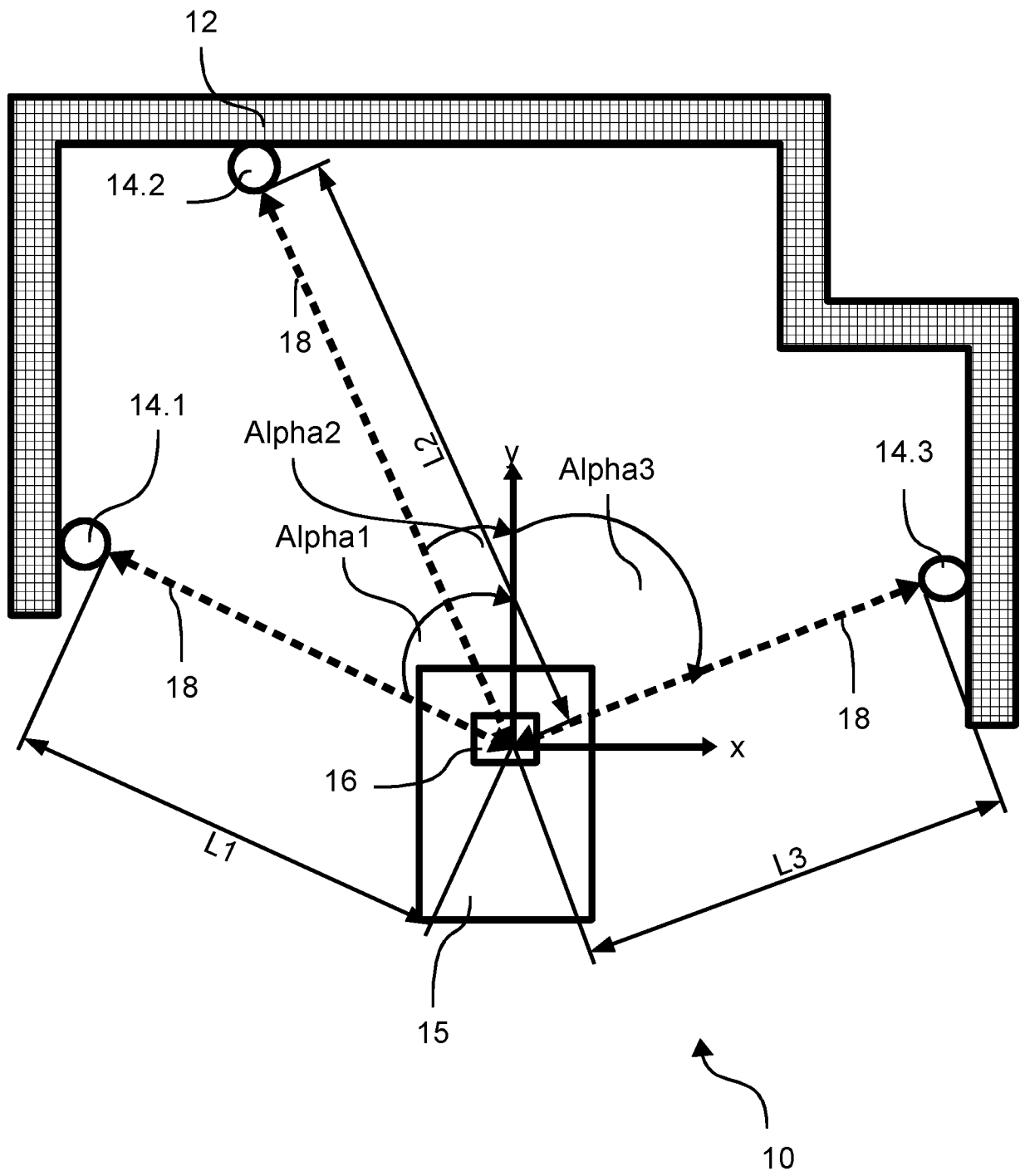


Fig. 1

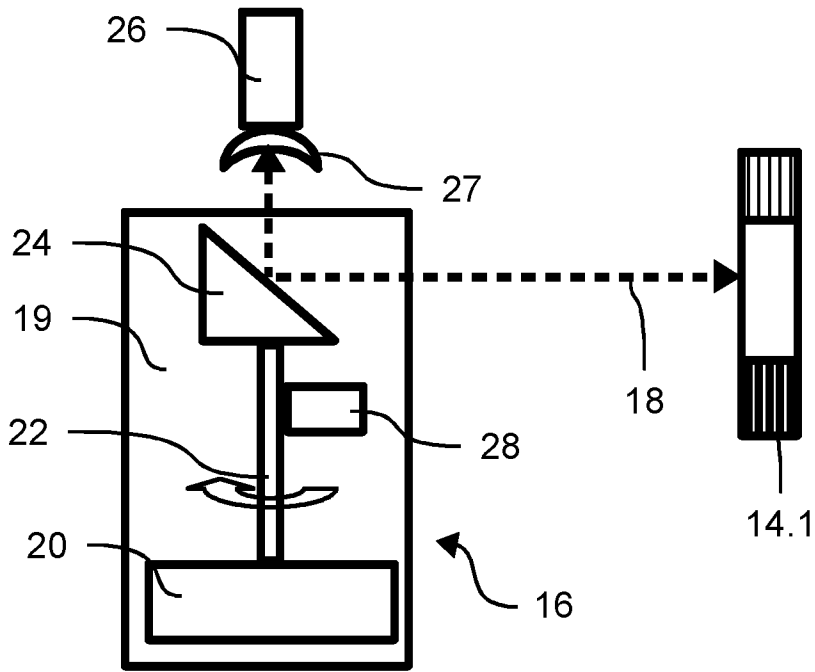


Fig. 2

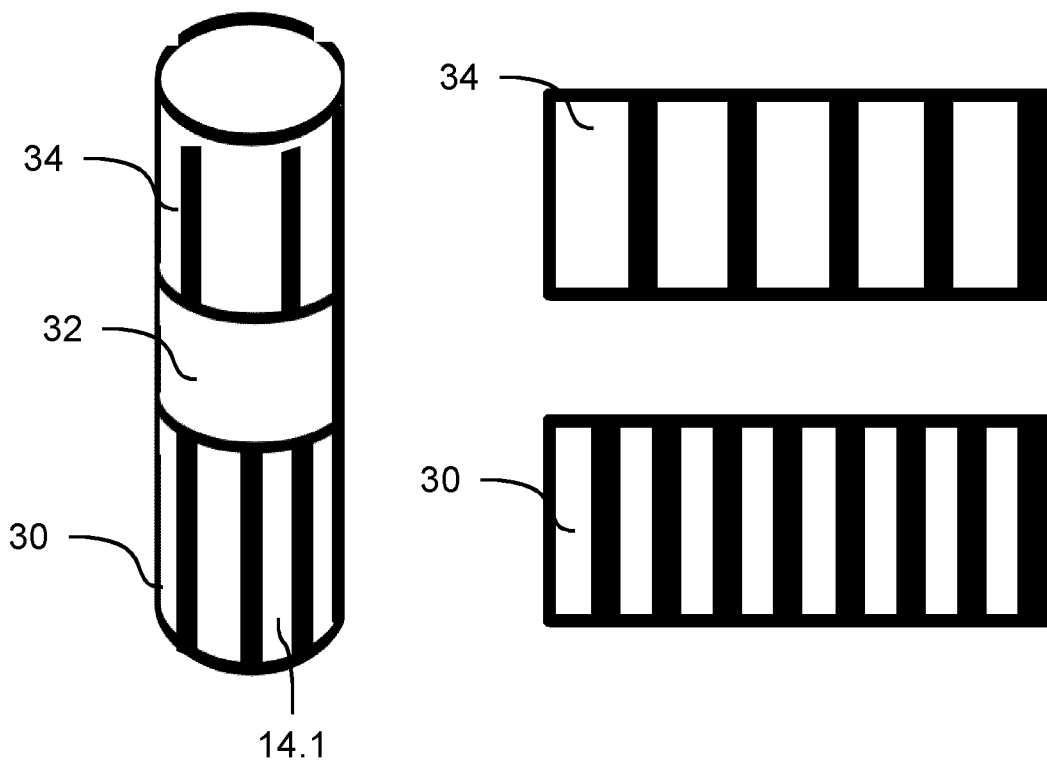


Fig. 3

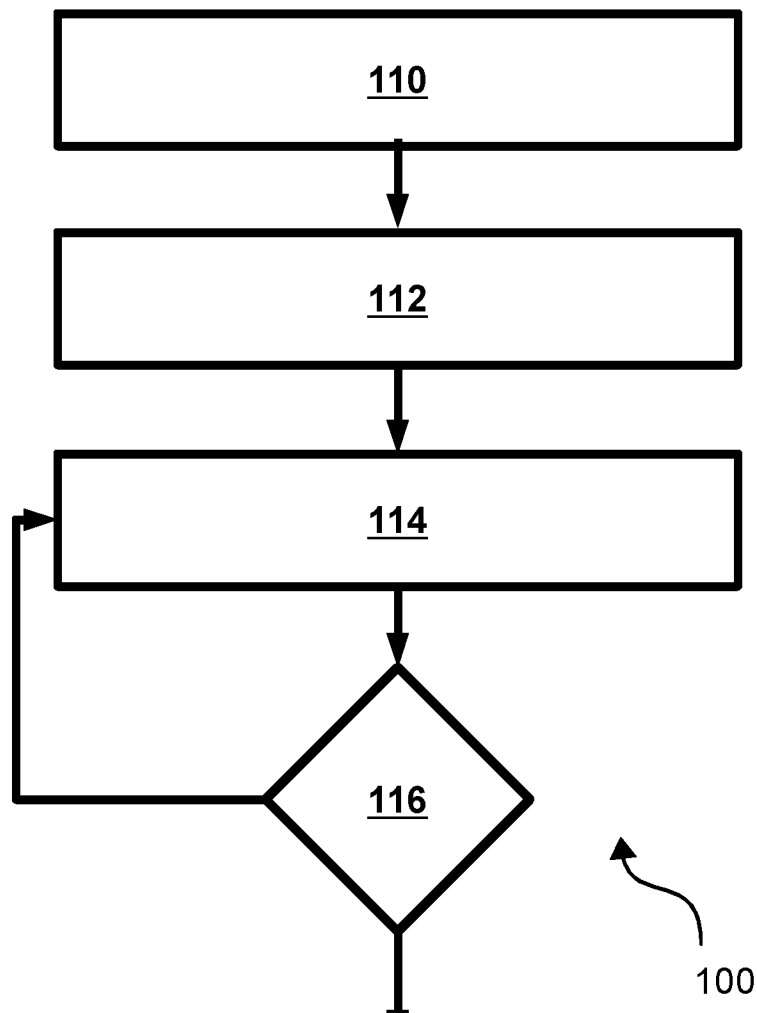


Fig. 4

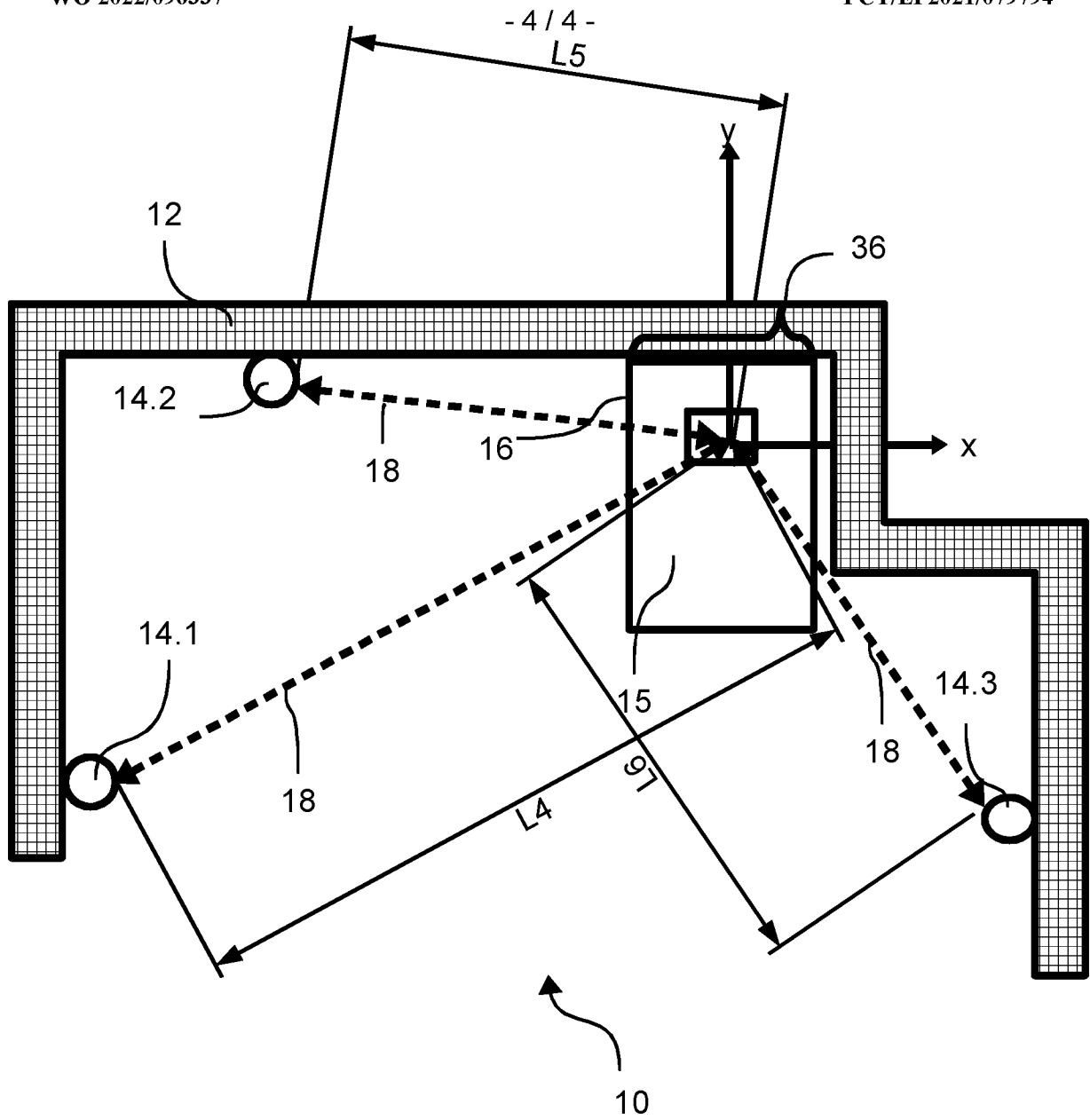


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/079794

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01S 17/42</i> (2006.01)i; <i>G01S 17/48</i> (2006.01)i; <i>G01S 7/48</i> (2006.01)i; <i>G06K 7/14</i> (2006.01)i; <i>G01S 17/66</i> (2006.01)i; <i>G05D 1/02</i> (2020.01)i; <i>G01S 13/931</i> (2020.01)i		
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) G01S; G06K; G05D		
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 2018180740 A1 (SHAFFER DANIEL [US] ET AL) 28 June 2018 (2018-06-28) paragraphs [0037] - [0049]; figures 1,2,6,7	1-10,13-15 11,12
X	US 2007064246 A1 (BRAUNECKER BERNHARD [CH] ET AL) 22 March 2007 (2007-03-22) paragraphs [0061] - [0070]; figures 1-4	1,13,15
X	US 2018199162 A1 (YAMAMOTO DAISUKE [JP] ET AL) 12 July 2018 (2018-07-12) paragraphs [0025] - [0036], [0051] - [0055]; figures 1-11	1,13,15
Y	US 2011043515 A1 (STATHIS SAM [US]) 24 February 2011 (2011-02-24) paragraphs [0358] - [0364]; figures 51-57	11,12
Y	US 2018326507 A1 (HALVORSEN HAVARD [NO] ET AL) 15 November 2018 (2018-11-15) paragraphs [0137] - [0156]; figures 1,8	11,12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 27 January 2022		Date of mailing of the international search report 08 February 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kern, Olivier Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/079794

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018180740	A1	28 June 2018	US	2018180740	A1	28 June 2018
				US	2019086547	A1	21 March 2019
				US	2020233088	A1	23 July 2020
US	2007064246	A1	22 March 2007	AU	2004276459	A1	07 April 2005
				CA	2539903	A1	07 April 2005
				CN	1856693	A	01 November 2006
				EP	1517117	A1	23 March 2005
				EP	1664674	A1	07 June 2006
				JP	2007506109	A	15 March 2007
				US	2007064246	A1	22 March 2007
				WO	2005031259	A1	07 April 2005
US	2018199162	A1	12 July 2018	CN	108287539	A	17 July 2018
				JP	6659599	B2	04 March 2020
				JP	2018112830	A	19 July 2018
				US	2018199162	A1	12 July 2018
US	2011043515	A1	24 February 2011	AU	2008237153	A1	16 October 2008
				CA	2683726	A1	16 October 2008
				CN	101984765	A	09 March 2011
				EP	2135039	A2	23 December 2009
				JP	2010540796	A	24 December 2010
				US	2011043515	A1	24 February 2011
				WO	2008124713	A2	16 October 2008
US	2018326507	A1	15 November 2018	AU	2015340709	A1	08 June 2017
				CA	2965730	A1	06 May 2016
				CN	107427868	A	01 December 2017
				EP	3212363	A2	06 September 2017
				HK	1243379	A1	13 July 2018
				JP	2017537808	A	21 December 2017
				JP	2021014013	A	12 February 2021
				US	2018326507	A1	15 November 2018
				US	2022001461	A1	06 January 2022
				WO	2016066615	A2	06 May 2016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/079794

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	G01S17/42 G05D1/02	G01S17/48 G01S13/931
	G01S7/48	G06K7/14
		G01S17/66
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RESEARCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01S G06K G05D		
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 2018/180740 A1 (SHAFFER DANIEL [US] ET AL) 28. Juni 2018 (2018-06-28)	1-10, 13-15
Y	Absätze [0037] - [0049]; Abbildungen 1, 2, 6, 7	11, 12

X	US 2007/064246 A1 (BRAUNECKER BERNHARD [CH] ET AL) 22. März 2007 (2007-03-22)	1, 13, 15
	Absätze [0061] - [0070]; Abbildungen 1-4	

X	US 2018/199162 A1 (YAMAMOTO DAISUKE [JP] ET AL) 12. Juli 2018 (2018-07-12)	1, 13, 15
	Absätze [0025] - [0036], [0051] - [0055]; Abbildungen 1-11	

Y	US 2011/043515 A1 (STATHIS SAM [US]) 24. Februar 2011 (2011-02-24)	11, 12
	Absätze [0358] - [0364]; Abbildungen 51-57	

	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" 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		Absdtedatum des internationalen Recherchenberichts
27. Januar 2022		08/02/2022
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 Kern, Olivier

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2018/326507 A1 (HALVORSEN HAVARD [NO] ET AL) 15. November 2018 (2018-11-15) Absätze [0137] - [0156]; Abbildungen 1, 8 -----	11, 12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/079794

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2018180740 A1	28-06-2018	US 2018180740 A1	28-06-2018
		US 2019086547 A1	21-03-2019
		US 2020233088 A1	23-07-2020

US 2007064246 A1	22-03-2007	AU 2004276459 A1	07-04-2005
		CA 2539903 A1	07-04-2005
		CN 1856693 A	01-11-2006
		EP 1517117 A1	23-03-2005
		EP 1664674 A1	07-06-2006
		JP 2007506109 A	15-03-2007
		US 2007064246 A1	22-03-2007
		WO 2005031259 A1	07-04-2005

US 2018199162 A1	12-07-2018	CN 108287539 A	17-07-2018
		JP 6659599 B2	04-03-2020
		JP 2018112830 A	19-07-2018
		US 2018199162 A1	12-07-2018

US 2011043515 A1	24-02-2011	AU 2008237153 A1	16-10-2008
		CA 2683726 A1	16-10-2008
		CN 101984765 A	09-03-2011
		EP 2135039 A2	23-12-2009
		JP 2010540796 A	24-12-2010
		US 2011043515 A1	24-02-2011
		WO 2008124713 A2	16-10-2008

US 2018326507 A1	15-11-2018	AU 2015340709 A1	08-06-2017
		CA 2965730 A1	06-05-2016
		CN 107427868 A	01-12-2017
		EP 3212363 A2	06-09-2017
		HK 1243379 A1	13-07-2018
		JP 2017537808 A	21-12-2017
		JP 2021014013 A	12-02-2021
		US 2018326507 A1	15-11-2018
		US 2022001461 A1	06-01-2022
		WO 2016066615 A2	06-05-2016
