



(10) **DE 10 2016 203 701 A1** 2017.09.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 203 701.3**

(22) Anmeldetag: **07.03.2016**

(43) Offenlegungstag: **07.09.2017**

(51) Int Cl.: **B25J 13/08 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**KUKA Roboter GmbH, 86165 Augsburg, DE**

(74) Vertreter:

**EGE LEE & PARTNER Patentanwälte PartGmbH,  
84028 Landshut, DE**

(72) Erfinder:

**Steidl, Dietmar, 86163 Augsburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

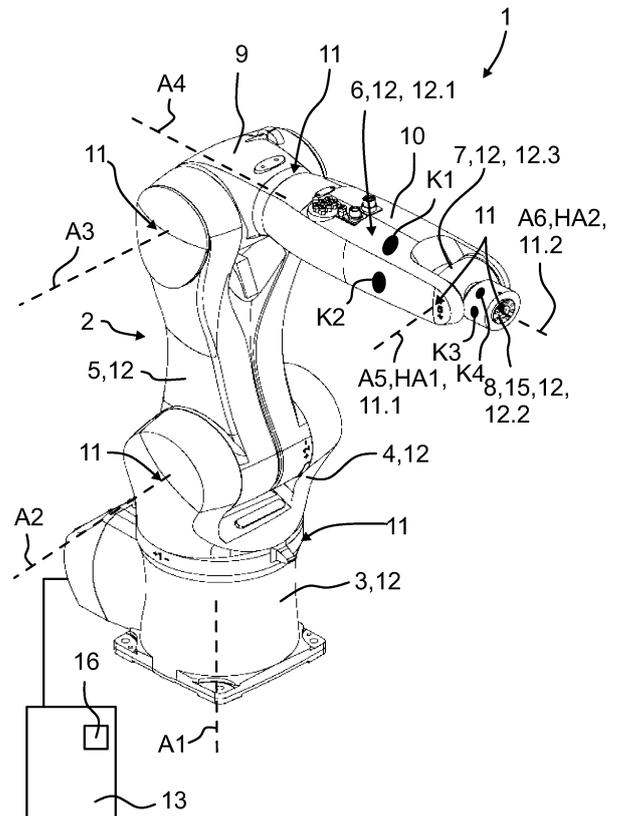
DE	10 2008 042 261	A1
DE	10 2008 063 081	A1
US	2013 / 0 085 604	A1
EP	1 769 889	A1
JP	2010- 152 664	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Industrieroboter mit mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Industrieroboter(1) aufweisend einen Roboterarm (2) mit mehreren Gliedern (12), die über Gelenke (11) verbunden sind, sowie aufweisend eine Robotersteuerung (13), die ausgebildet ist, die Glieder (12) des Roboterarms (2) gemäß eines Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb gegeneinander zu verstellen, wobei wenigstens eines der mehreren Glieder (12) mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) aufweist, von denen jede Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) hinsichtlich ihrer räumlichen Position und Orientierung bezüglich des Glieds (12), an dem die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) befestigt ist, eingemessen ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Industrieroboter aufweisend einen Roboterarm mit mehreren Gliedern, die über Gelenke verbunden sind, sowie aufweisend eine Robotersteuerung, die ausgebildet ist, die Glieder des Roboterarms gemäß eines Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb gegeneinander zu verstellen.

**[0002]** Aus der DE 10 2007 055 204 A1 ist ein Roboter bekannt, der eine am Roboterarm befestigte oder in den Roboterarm integrierte Vorrichtung zum Aufnehmen eines Bildes von einem auf der Oberfläche des Objekts projizierten Bild aufweist, wobei eine Datenverarbeitungsvorrichtung eingerichtet ist, einen Bilddatensatz zu analysieren, der einem mit der Vorrichtung zum Aufnehmen des Bildes aufgenommenen Bild vom auf der Oberfläche des Objekts projizierten Bild zugeordnet ist. Das Aufnehmen erfolgt mittels einer am Roboterarm befestigten oder in den Roboterarm integrierten Kamera, wobei das projizierte Bild virtuelle Eingabemittel darstellen.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen Industrieroboter zu schaffen, der mittels kostengünstiger und/oder einfacher Sensorvorrichtungen in sichere Weise zuverlässig betrieben werden kann.

**[0004]** Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch einen Industrieroboter aufweisend einen Roboterarm mit mehreren Gliedern, die über Gelenke verbunden sind, sowie aufweisend eine Robotersteuerung, die ausgebildet ist, die Glieder des Roboterarms gemäß eines Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb gegeneinander zu verstellen, wobei wenigstens eines der mehreren Glieder mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen aufweist, von denen jede Bilderfassungseinrichtung hinsichtlich ihrer räumlichen Position und Orientierung bezüglich des Glieds, an dem die Bilderfassungseinrichtung befestigt ist, eingemessen ist.

**[0005]** Industrieroboter sind Arbeitsmaschinen, die zur automatischen Handhabung und/oder Bearbeitung von Objekten, wie beispielsweise Werkstücken, mit Werkzeugen ausgerüstet sein können und mittels ihrer Gelenke in mehreren Bewegungsachsen beispielsweise hinsichtlich Orientierung, Position und Arbeitsablauf programmierbar sind, um das Werkzeug handzuhaben.

**[0006]** Der Industrieroboter weist den Roboterarm und eine programmierbare Robotersteuerung (Steuervorrichtung) auf, die während des Betriebs die Bewegungsabläufe des Industrieroboters steuert oder regelt, indem ein oder mehrere automatisch oder manuell verstellbare Gelenke (Roboterachsen) durch insbesondere elektrische Antriebe oder Motoren bewegt werden, und indem die Robotersteuerung die

Antriebe gemäß eines Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb steuert oder regelt. Die Robotersteuerung dient also dazu, die Glieder des Roboterarms durch Ansteuern von Antrieben des Roboterarms zu bewegen. Die Antriebe ihrerseits bewegen dabei die Achsen, d.h. die Gelenke des Roboterarms. Jeweils zwei benachbarte Glieder des Roboterarms können dabei durch ein einzelnes Gelenk gegeneinander verstellbar verbunden sein, welches die jeweilige Achse darstellt, die von einem zugeordneten Antrieb bewegt wird.

**[0007]** Roboterarme können unter anderem ein Gestell und ein relativ zum Gestell mittels eines Gelenks drehbar gelagertes Karussell umfassen, an dem eine Schwinge mittels eines anderen Gelenks schwenkbar gelagert ist. An der Schwinge kann dabei ihrerseits ein Armausleger mittels eines weiteren Gelenks schwenkbar gelagert sein. Der Armausleger trägt dabei eine Roboterhand, wobei insoweit der Armausleger und/oder die Roboterhand mehrere weitere Gelenke aufweisen können. Eines, mehrere oder alle Gelenke des Roboterarms können als Drehgelenke ausgebildet sein.

**[0008]** Der über mehrere Gelenke verbundene Glieder aufweisende Roboterarm kann als ein Knickarmroboter mit mehreren seriell nacheinander angeordneten Gliedern und Gelenken konfiguriert sein, insbesondere kann der Roboterarm als ein Sechssachs-Knickarmroboter ausgebildet sein. Eines, mehrere oder alle Gelenke des Knickarmroboters können als Drehgelenke ausgebildet sein.

**[0009]** Die Robotersteuerung kann ausgebildet sein, die Glieder des Roboterarms gemäß des Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb gegeneinander in einer vorbestimmten Positioniergenauigkeit der verstellbaren Gelenke zu verstellen, wobei die mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen hinsichtlich ihrer räumlichen Position und Orientierung bezüglich des Glieds, an dem die Bilderfassungseinrichtungen befestigt sind, mindestens in einer der Positioniergenauigkeit der Gelenke entsprechenden Genauigkeit eingemessen sind.

**[0010]** Unter einer Positioniergenauigkeit der verstellbaren Gelenke wird in diesem Zusammenhang insbesondere verstanden, dass es sich um ein Maß handelt, wie genau eine gewünschte, insbesondere programmierte Sollposition und/oder Sollorientierung eines bestimmten Bezugspunktes des Roboterarms, beispielsweise eines Werkzeugbezugspunktes, der auch als TCP bezeichnet wird, tatsächlich erreicht werden kann oder erreicht wird. Wird beispielsweise eine programmierte Sollposition und/oder Sollorientierung eines Werkzeugbezugspunktes angefahren, indem die Gelenke, d.h. die Achsen des Roboterarms durch die Robotersteuerung entsprechend eingestellt werden, kommt der Werkzeugbezugspunkt in

einer tatsächlichen Pose zu stehen und weist dort eine Istposition und eine Istorientierung im Raum auf, die von der gewünschten Sollposition und Sollorientierung abweichen kann. Die maximale Positions- oder Lageabweichung dieser Istposition und Istorientierung von der Sollposition und Sollorientierung stellt das Maß der Positioniergenauigkeit bereit.

**[0011]** Die Bilderfassungseinrichtung ist generell ausgebildet ein Bild aus der Umgebung, beispielsweise von dem Arbeitsraum des Industrieroboters oder einem Schutzraum des Industrieroboters, zu erfassen. Mittels der Bilderfassungseinrichtung wird das Bild in Form von Bildinformationen erfasst, weitergeleitet und/oder gespeichert. Die Bilderfassungseinrichtung kann dazu wenigstens einen Bildsensor aufweisen. Die Bilderfassungseinrichtung kann insbesondere eine Digitalkamera sein. Die Bilderfassungseinrichtung kann einen Kamerachip mit einer zugeordneten optischen Linse aufweisen. Derartige Kamerachips als solche sind allgemein bekannt und werden beispielsweise in Mobiltelefonen, insbesondere in Smartphones verwendet.

**[0012]** Ein Einmessen der Bilderfassungseinrichtung bedeutet, dass die Bilderfassungseinrichtung an dem zugehörigen Glied des Roboterarms starr befestigt wird und anschließend die exakte Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung relativ zum zugehörigen Glied, an dem die Bilderfassungseinrichtung befestigt ist, bestimmt, insbesondere gemessen und gespeichert wird. Ein derartiges Einmessen erfolgt dabei mindestens in einer der Positioniergenauigkeit der Gelenke entsprechenden Genauigkeit. Dies bedeutet, dass die relative Position und Lage der Bilderfassungseinrichtung am zugehörigen Glied mindestens so genau gemessen und gespeichert wird, wie der Industrieroboter seinen Roboterarm positionieren, d.h. dessen Pose oder die Pose eines Werkzeugbezugs punktes einnehmen kann.

**[0013]** Indem wenigstens eines der mehreren Glieder mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen aufweist, von denen jede Bilderfassungseinrichtung hinsichtlich ihrer räumlichen Position und Orientierung bezüglich des Glieds, an dem die Bilderfassungseinrichtung befestigt ist, mindestens in einer der Positioniergenauigkeit der Gelenke entsprechenden Genauigkeit eingemessen ist, kann die tatsächliche räumliche Position und Orientierung der betreffenden Bilderfassungseinrichtung alleine aus den bekannten Gelenkstellungen des Roboterarms bestimmt werden. Ist nämlich die Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung bezüglich des zugeordneten Glieds bekannt, kann aufgrund der durch die Gelenkstellungen des Roboterarms bekannten Position und Orientierung des betreffenden Gliedes im Raum, die Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung im Raum bestimmt werden und

zwar in einer der Positioniergenauigkeit der Gelenke entsprechenden Genauigkeit.

**[0014]** Jedes Glied, das mit Bilderfassungseinrichtungen ausgestattet ist, kann zwei oder mehr Bilderfassungseinrichtungen aufweisen. Diese mehreren Bilderfassungseinrichtungen eines einzelnen Glieds können derart am Glied befestigt sein, dass sie jeweils unterschiedliche Raumsektoren erfassen können. Bilderfassungseinrichtungen können nicht nur an einem einzigen Glied des Roboterarms befestigt sein, sondern es können zwei oder mehr Glieder des Roboterarms, insbesondere auch alle Glieder des Roboterarms jeweils zwei oder mehr Bilderfassungseinrichtungen aufweisen.

**[0015]** Je nach Anwendungsfall sollten die mehreren Bilderfassungseinrichtungen, wie Kameras, an strategisch wichtigen Stellen direkt in die Roboterstruktur integriert sein und so einem Benutzer bzw. Applikationsentwickler oder Roboterprogrammierer zur Verfügung stehen. Die Kameras sind bereits auf den Roboter vermessen bzw. justiert, so dass der Benutzer sie direkt, d.h. ohne weitere Vermessung, verwenden kann. Durch die Verwendung von beispielsweise mindestens zwei Kamera-Chips, die von verschiedenen Stellen aus dasselbe Objekt, wie ein Werkstück oder das Werkzeug des Industrieroboters, detektieren, sind dann insbesondere auch Sicherheitsfunktionen mittels der Bilderfassungseinrichtungen realisierbar.

**[0016]** Die Platzierung der Bilderfassungseinrichtungen kann vorzugsweise nahe an der letzten, d.h. distalen Achse erfolgen, um hinsichtlich der möglichen Bewegungen der Kameras von den Freiheitsgraden der in der kinematischen Kette der Kamera vorgelagerten Achsen profitieren zu können. Die Bilderfassungseinrichtungen sollten jedoch weit genug entfernt von einem Werkzeug oder dem Flansch des Roboterarms angeordnet sein, um nicht von dem Werkzeug am Flansch verdeckt zu werden. Eine Unterbringung an der Roboterhand beispielsweise eines Sechssachs-Kickroboters kann zweckmäßig sein. Durch die Anordnung mehrerer Bilderfassungseinrichtungen, insbesondere Kamerachips beispielsweise auf einem Ring, können die fehlenden Freiheitsgrade beispielsweise der letzten ein bis zwei Achsen kompensiert werden.

**[0017]** Durch die Anordnung mehrerer Bilderfassungseinrichtungen an wenigstens einem Glied, ist es ohne zusätzlichen Aufwand, wie externe Kabel oder zusätzliche Störkonturen, möglich, viele verschiedene Applikationen zu entwickeln unter Nutzung der von den Bilderfassungseinrichtungen gewonnenen Bildinformationen. Ein Anwendungsprogramm kann dazu neben den Standardapplikationen auch die Entwicklung eigener Applikationen un-

ter Nutzung der von den Bilderfassungseinrichtungen gewonnenen Bildinformationen ermöglichen.

**[0018]** Mögliche Applikationen für Anwendungsprogramme können beispielsweise sein:

- Barcodes von Bauteilen erkennen,
- Platzierung von Bauteilen erkennen,
- Unterstützung bei der Roboter-Inbetriebnahme,
- Justage des Roboters,
- Justage eines Großteils der Achsen über spezielle Marker am Roboterfuß oder an anderen strategischen Positionen,
- Einmessen des Roboter-Koordinatensystems bezüglich seiner Roboterzelle (beispielsweise über Marker innerhalb der Zelle),
- Einlesen von Daten am Roboterfuß (z.B. Mammes-Werte in einem 3D-Barcode, falls diese verloren gegangen sind),
- Ersatz eines sicheren Justage-Referenztasters,
- Erkennung von unerlaubtem Eindringen in Schutzräume des Roboters,
- Erstellung eines dreidimensionalen Abbilds der Zelle,
- Vermessung von Elementen innerhalb der Zelle mithilfe der Bilderfassungseinrichtungen,
- Programmierung des Roboters über eine erweiterte Realität ("augmented reality").

**[0019]** Das Glied kann eine die äußere Form des Glieds bestimmende Gliedgehäuseoberfläche und einen sich von der Gliedgehäuseoberfläche ausgehenden, nach innen erstreckenden Aufnahmeraum aufweisen, innerhalb dem die Bilderfassungseinrichtung vollständig aufgenommen ist.

**[0020]** Die Gliedgehäuseoberfläche kann die äußere Mantelwand eines insbesondere hohlen Strukturbauteils sein, welches das jeweilige Glied des Roboterarms bildet. Das Strukturbauteil kann insbesondere zur Übertragung sämtlicher Kräfte und Momente ausgebildet sein, die zum Tragen des Roboterarms selbst und zum Tragen und/oder Bewegen des vom Roboterarm handzuhabenden Werkzeugs erforderlich sind. Auch Reaktionskräfte und Reaktionsmomente, die durch ein Zusammenwirken von Werkzeug und Werkstück auftreten werden hierbei über das jeweilige Strukturbauteil abgeleitet.

**[0021]** Der Aufnahmeraum kann von einer Vertiefung oder einer Öffnung in dem insbesondere hohlen Strukturbauteil gebildet werden. Für jede am Glied zu befestigende Bilderfassungseinrichtung kann ein separater Aufnahmeraum vorgesehen sein. In dem Aufnahmeraum ist die jeweilige Bilderfassungseinrichtung befestigt. Beispielsweise kann die Bilderfassungseinrichtung innerhalb des AufnahmeRaums an das Glied angeschraubt, angeklemt oder angeklebt sein.

**[0022]** Die Bilderfassungseinrichtung kann ein Eintrittsfenster aufweisen, über das Lichtstrahlen von außen in die Bilderfassungseinrichtung eintreten, um ein Bild der Umgebung des Industrieroboters innerhalb der Bilderfassungseinrichtung zu erfassen, wobei das Eintrittsfenster eine Fensteroberfläche aufweist, die bündig mit der Gliedgehäuseoberfläche des Glieds, an dem die Bilderfassungseinrichtung befestigt ist, abschließt oder gegenüber der Gliedgehäuseoberfläche zurückversetzt ist. Das Eintrittsfenster kann beispielsweise durch eine optische Linse der Bilderfassungseinrichtung gebildet werden. Das Eintrittsfenster kann jedoch auch eine lichtdurchlässige Schutzabdeckung sein, welche die Bilderfassungseinrichtung, insbesondere dessen optische Linse überdeckt. Eine Außenoberfläche des Eintrittsfensters kann bündig mit der Gliedgehäuseoberfläche abschließen oder gegenüber der Gliedgehäuseoberfläche zurückversetzt sein. Dies hat den Vorteil, dass trotz der Anbringung der Bilderfassungseinrichtungen an dem jeweiligen Glied des Roboterarms die Störkontur des Roboterarms nicht verändert, insbesondere nicht vergrößert wird. Dies hat den Vorteil, dass trotz der Nutzung von Bilderfassungseinrichtungen die bisherigen Roboterprogramme, welche ohne Bilderfassungseinrichtungen erstellt wurden, ohne Weiteres weiterverwendet werden können und es insbesondere nicht erforderlich ist, eine vergrößerte Störkontur einprogrammieren zu müssen, um Kollisionen beim Roboterprogrammablauf zuverlässig verhindern zu können.

**[0023]** Das Glied kann wenigstens drei über einen Umfang des Glieds verteilt angeordnete Bilderfassungseinrichtungen aufweisen. Indem wenigstens drei über einen Umfang des Glieds verteilt angeordnete Bilderfassungseinrichtungen vorgesehen werden, kann über einen Winkel von wenigstens 360 Grad vollständig über den Umfang des Gliedes hinweg die Umgebung optisch erfasst werden, ohne dass das die Bilderfassungseinrichtungen aufweisende Glied nur deshalb verstellt werden müsste.

**[0024]** Der Roboterarm kann als ein Knickarmroboter ausgebildet sein, bei dem die mehreren Glieder in einer kinematischen Kette aufeinanderfolgend angeordnet und jeweils zwei benachbarte Glieder durch jeweils eines der Gelenke gegeneinander verstellbar verbunden sind, wobei ein proximales Endglied der Glieder ein Grundgestell bildet, das zum Befestigen des Knickarmroboters an einem Fundament ausgebildet ist, und ein distales Endglied der Glieder einen Handflansch bildet, der zur Befestigung eines vom Knickarmroboter handzuhabenden Werkzeugs ausgebildet ist, und die Bilderfassungseinrichtungen an einem Glied angeordnet sind, das in der kinematischen Kette dem proximalen Endglied unmittelbar vorgelagert ist.

**[0025]** Indem die Bilderfassungseinrichtungen an einem Glied angeordnet sind, das in der kinematischen Kette dem proximalen Endglied unmittelbar vorgelagert ist, können alle in der kinematischen Kette den Bilderfassungseinrichtungen proximal vorgelagerten Gelenke benutzt werden, um durch Verstellen der Gelenke die Positionen und die Orientierungen der Bilderfassungseinrichtungen im Raum auszurichten. So können die Bilderfassungseinrichtungen die größte Anzahl an unterschiedlichen Posen im Raum einnehmen. Da das letzte Glied, d.h. der Flansch des Roboterarms im Allgemeinen nur eine einzige Drehbewegung erlaubt und beispielsweise die an dem in der kinematischen Kette dem proximalen Endglied unmittelbar vorgelagerten Glied angeordneten wenigstens drei Bilderfassungseinrichtungen den Raum um 360 Grad ringsum erfassen können, kann trotz dieses fehlenden Freiheitsgrades der gesamte Raum rings um den Roboterarm erfasst werden.

**[0026]** Die Bilderfassungseinrichtung kann einen mit der Robotersteuerung verbundenen Bildsensor aufweisen, derart, dass vom Bildsensor erfasste Bildinformationen an die Robotersteuerung übertragen werden und die Robotersteuerung eine Verarbeitungseinrichtung aufweist, die ausgebildet ist, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Erfassung von Bildinformationen durch den Bildsensor momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte der Glieder des Roboterarms zu erfassen und diese Gelenkstellungswerte der Glieder des Roboterarms den Bildinformationen zuzuordnen.

**[0027]** Die Verarbeitungseinrichtung kann demgemäß die von den Bilderfassungseinrichtungen erfassten Bildinformationen speichern und diesen jeweils die momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte der Glieder des Roboterarms zuordnen. Die Verarbeitungseinrichtung kann dazu die momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte zum Zeitpunkt der Erstellung der Bildinformationen von der Robotersteuerung beziehen und verknüpft mit den zugehörigen Bildinformationen speichern. Durch die gespeicherten Gelenkstellungswerte können die Bildinformationen einer individuellen Ansicht zugeordnet werden. In einer Weiterentwicklung können unterschiedliche Bildinformationen und zugehörige Gelenkstellungswerte miteinander verglichen und ausgewertet werden.

**[0028]** Die Bilderfassungseinrichtung kann einen mit der Robotersteuerung verbundenen Bildsensor aufweisen, derart, dass vom Bildsensor erfasste Bildinformationen an die Robotersteuerung übertragen werden und die Robotersteuerung eine Verarbeitungseinrichtung aufweist, die ausgebildet ist, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Erfassung von Bildinformationen durch den Bildsensor momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte der Glieder des Roboterarms zu erfassen, aus den Gelenkstel-

lungswerten der Glieder des Roboterarms die Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung bezüglich des Arbeitsraumes des Industrieroboters zu bestimmen und diese Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung im Arbeitsraum den zugehörigen Bildinformationen zuzuordnen.

**[0029]** Die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung kann ausgebildet sein, auf Grundlage von Bildinformationen, die von den Bilderfassungseinrichtungen erhalten sind, und auf Grundlage von den Bildinformationen zugeordneten räumlichen Lagen der Bilderfassungseinrichtungen, eine sicherheitsgerichtete Funktion des Industrieroboters auszuführen.

**[0030]** In allen folgenden Ausführungsvarianten kann die Verarbeitungseinrichtung wahlweise Teil der Robotersteuerung sein oder als eine separate Verarbeitungseinrichtung getrennt von der Robotersteuerung ausgebildet sein. Die Verarbeitungseinrichtung kann teilweise oder vollständig als Hardware und/oder Software ausgeführt sein.

**[0031]** Zur Verwendung der in die Roboterstruktur integrierten Bilderfassungseinrichtungen, insbesondere Kameras, für Sicherheitsfunktionen sind grundsätzlich mindestens zwei Kameras zu benutzen, die wenigstens einen Überlappungsbereich aufweisen. Innerhalb eines solchen Überlappungsbereichs sind prinzipiell sicherheitsgerichtete Funktionen möglich, da das Objekt, z.B. ein Referenzmarker, von zwei unabhängigen Bilderfassungseinrichtungen oder Kameras erfasst wird, die das Objekt unter jeweils unterschiedlichen Blickwinkeln aufnehmen. Prinzipiell können Marker beliebige eindeutig identifizierbare Muster oder Objekte sein. Um eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten sollte das Muster jedoch eine Redundanz beinhalten, die eine Fehlerbehebung erlaubt. In der Praxis bieten sich hierfür z.B. 2D-Codes, wie beispielsweise QR-Codes an. Auch farbige Codes sind möglich.

**[0032]** Die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung kann in einer ersten Ausführungsvariante ausgebildet sein, den Roboterarm in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen einen getrennt vom Roboterarm in einer vorbekannten, gespeicherten Position und Orientierung im Raum angeordneten optischen Marker erfasst und von diesem optischen Marker Bilddaten erzeugt, und auf Grundlage einer Auswertung der erzeugten Bilddaten und der vorbekannten, gespeicherten Position und Orientierung des optischen Markers eine momentane Gelenkstellung wenigstens eines der Gelenke des Roboterarms berechnet wird.

**[0033]** Verwendet man in einem Roboter beispielsweise keine Absolutwertgeber für die sichere Posi-

tionserfassung von Gelenkstellungen des Roboterarms, sondern statt dessen Geber, die beispielsweise nur innerhalb einer Motorumdrehung eine eindeutige Position liefern, so besteht nach dem Einschalten des Roboters die Notwendigkeit die Gültigkeit der Position einmalig zu verifizieren. Dazu fährt der Roboter eine vorher programmierte Position an, von der aus ein innerhalb des Arbeitsbereichs angebrachter Referenzmarker in einem zweikanaligen Erfassungsbereich der Kameras liegt. Die Position des Markers wird von beiden Kameras sicherheitsgerichtet erkannt. Da die Position der Kamera am Roboter bekannt ist, kann mithilfe der sicher konfigurierten Position der Markers die Position des Roboters bis zur Achse der angebrachten Kameras verifiziert werden. Soll zusätzlich auch noch die Position der verbleibenden Achse verifiziert werden, so kann am Werkzeugbezugspunkt (TCP) ebenfalls ein Marker, insbesondere mit einer anderen Kennung, angebracht werden, der in den Sichtbereich der Kameras gefahren wird.

**[0034]** Die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung kann in einer alternativen oder ergänzenden zweiten Ausführungsvariante ausgebildet sein, den Roboterarm in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen ein durch den Roboterarm gehandhabtes Werkzeug optisch erfasst und von diesem Werkzeug Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0035]** Soll für einen Roboter beispielsweise mit Werkzeugwechsler eine sichere Überwachung der Arbeitsräume erfolgen, so steht man vor dem Problem, dass auch verhindert werden muss, dass das aufgenommene Werkzeug den Arbeitsraum verletzt. Dies ist bei einem Werkzeugwechsler jedoch nur möglich, wenn man eine sichere Erkennung des Werkzeugs hat.

**[0036]** Analog einem Marker am Flansch des Roboterarms kann auf jedem Werkzeug ein oder es können mehrere Marker so angebracht sein, dass das am Flansch angebrachte Werkzeug mit dem erwarteten Werkzeug verglichen wird und so die Geometrie des Werkzeugs berücksichtigt werden kann. Mehrere Marker können sicherstellen, dass das Werkzeug unabhängig von der Position des Flansches des Roboterarms erkannt wird. Wird ein falsches oder fehlendes Werkzeug erkannt, so kann der Roboter angehalten, insbesondere sicherheitsabgeschaltet werden.

**[0037]** Die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung kann in einer alternativen oder ergänzenden dritten Ausführungsvariante ausgebildet sein, den Roboterarm in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen ein durch den Roboterarm zu bearbei-

tendes Werkstück optisch erfasst und von diesem Werkstück Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0038]** Äquivalent zur sicheren Werkzeu-erkennung kann auch das Werkstück sicher erkannt werden, sofern sich ein Marker im Blickfeld der Kamera anbringen lässt oder das Werkstück selber von der Kamera identifiziert werden kann. Können vom Roboter geometrisch unterschiedliche Werkstücke verarbeitet werden, so kann damit ebenfalls eine Verletzung des Arbeitsraums durch das Werkstück überwacht werden.

**[0039]** Die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung kann in einer alternativen oder ergänzenden vierten Ausführungsvariante ausgebildet sein, den Roboterarm in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen den Arbeitsraum des Industrieroboters zumindest teilweise oder vollständig optisch erfasst und von diesem Arbeitsraum Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0040]** Sollen an einem Robotersystem Arbeitsräume, in denen sich der Roboter aufhalten darf, oder Schutzräume, in die der Roboter nicht eindringen darf, programmiert werden, so kann dies durch ein optisches Teach-in erfolgen. Mit einem Objekt, auf dem ein oder mehrere Marker aufgebracht sind, zeigt man dem Roboter zuerst die eine Ecke eines Arbeitsraumes oder eines Schutzraumes. Anschließend zeigt man dem Roboter eine zweite, gegenüberliegende Ecke des Arbeitsraumes oder des Schutzraumes. Das Robotersystem kann mittels der Bilderfassungseinrichtungen beide Male die Position und den Winkel der Marker erfassen und so den Arbeitsraum oder den Schutzraum einstellen. Je nach Position des Roboterarms können sich zum Teach-in konvexe oder konkave Gebilde eignen. Über die in den aufgebrachten Markern enthaltenen Daten erkennt das Robotersystem die durch den Touch-up definierten virtuellen Objekte und kennt daher zumindest ihre grundlegende geometrische Form.

**[0041]** Die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung kann in einer alternativen oder ergänzenden fünften Ausführungsvariante ausgebildet sein, den Roboterarm in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen einen vom Arbeitsraum des Industrieroboters getrennten Schutzraum zumindest teilweise oder vollständig optisch erfasst und von diesem Schutzraum Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0042]** Statt eines herkömmlichen Zustimmungstasters an einem Bedienhandgerät können die Bilderfassungseinrichtungen beispielsweise auch ein menschliches Handzeichen erkennen. Solange die Hand in dieser Position gehalten wird, gilt die Zustimmung als erteilt. Verschwindet die Hand aus dem Blickfeld der Bilderfassungseinrichtungen, insbesondere der Kameras, oder wird das Handzeichen verändert, so erlischt die Zustimmung.

**[0043]** Zur leichteren Erkennung der Handzeichen kann beispielsweise ein spezieller Handschuh mit aufgebracht Markern verwendet werden. Neben der Zustimmung können natürlich auch andere Handzeichen oder Gesten, auch mit der zweiten Hand, verwendet werden, um andere sicherheitsgerichtete oder nichtsicherheitsgerichtete Funktionen des Roboters zu bedienen, wie Z.B. Start-Taste, Tippbetrieb, oder direkte Richtungsangaben für Bewegungen. Beispielsweise kann eine geballte Faust mit nach links zeigendem Daumen den Roboter beauftragen langsam nach links zu fahren. Die Verfahrensgeschwindigkeit kann abhängig von der Position der Hand auch angepasst werden.

**[0044]** Die Robotersteuerung oder die Verarbeitungseinrichtung kann in einer alternativen oder ergänzenden sechsten Ausführungsvariante ausgebildet sein, den Roboterarm in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen eine Person oder eine Identifikationsvorrichtung, welcher einer bestimmten Person zugeordnet ist, optisch erfasst und daraus Bilddaten erzeugt werden, und die Bilddaten von der Robotersteuerung oder der Verarbeitungseinrichtung mit gespeicherten Identifikationsmerkmalen verglichen werden.

**[0045]** Es ist auch eine Freigabe von Änderungen an der Sicherheitskonfiguration möglich. Will man an der Sicherheitskonfiguration des Roboters eine Änderung vornehmen, so kann es vorgesehen sein, dass eine Person sich als Sicherheitsinbetriebnehmer authentifizieren muss. Diese Authentifikation kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass der Sicherheitsinbetriebnehmer dem Roboter seine Identifikation, die bspw. mit einem passenden Marker versehen sein kann, in einem definierten, kurzen Abstand vor die Bilderfassungseinrichtungen oder die Kameras hält. Dadurch kann bspw. ausgeschlossen werden, dass versehentlich auch ein weiterer Roboter derselben Zelle die Identifikation erkennt und übernimmt.

**[0046]** Verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung sind exemplarisch in den beigefügten schematischen Zeichnungen dargestellt. Konkrete Merkmale dieser Ausführungsbeispiele können unabhängig davon, in welchem konkreten Zusammenhang sie erwähnt sind, gegebenenfalls auch einzeln oder

in Kombination betrachtet, allgemeine Merkmale der Erfindung darstellen.

**[0047]** Es zeigen:

**[0048]** Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Industrieroboters, der einen Roboterarm, eine Robotersteuerung, sowie mehrere Bilderfassungseinrichtungen aufweist,

**[0049]** Fig. 2 eine schematische Schnittansicht in axialer Richtung auf eine Anordnung von acht Bilderfassungseinrichtungen eines beispielhaften Gliedes des Roboterarms,

**[0050]** Fig. 3 eine schematische Schnittansicht in axialer Richtung auf eine Anordnung von vier Bilderfassungseinrichtungen eines beispielhaften Gliedes des Roboterarms,

**[0051]** Fig. 4 eine schematische Schnittansicht in axialer Richtung auf eine Anordnung von zwei Bilderfassungseinrichtungen eines beispielhaften Gliedes des Roboterarms,

**[0052]** Fig. 5 eine schematische Schnittansicht in axialer Richtung auf eine Anordnung einer Bilderfassungseinrichtung eines beispielhaften Gliedes des Roboterarms,

**[0053]** Fig. 6 eine schematische Schnittansicht in axialer Richtung auf eine Anordnung von zwei Bilderfassungseinrichtungen eines beispielhaften Gliedes des Roboterarms mit einem Überlappungsbereich,

**[0054]** Fig. 7 eine Teilschnittdarstellung durch ein Glied des Roboterarms mit einer Bilderfassungseinrichtung, die ein Eintrittsfenster umfasst, das bündig mit einer Gliedgehäuseoberfläche abschließt,

**[0055]** Fig. 8 eine Teilschnittdarstellung durch ein Glied des Roboterarms mit einer Bilderfassungseinrichtung, die ein Eintrittsfenster umfasst, das bezüglich der Gliedgehäuseoberfläche zurückversetzt angeordnet ist,

**[0056]** Fig. 9 eine schematische Darstellung eines Roboterarms mit Bilderfassungseinrichtungen, die eine Referenzmarke erfassen,

**[0057]** Fig. 10 eine schematische Darstellung eines Roboterarms mit Bilderfassungseinrichtungen, die einen Körper mit drei orthogonal angeordneten Referenzmarken erfassen, um eine erste Grenze eines Schutzraumes zu erfassen, und

**[0058]** Fig. 11 eine schematische Darstellung des Roboterarms mit Bilderfassungseinrichtungen gemäß Fig. 9, die den Körper mit drei orthogonal ange-

ordneten Referenzmarken erfassen, um eine zweite Grenze des Schutzraumes zu erfassen.

**[0059]** Die Fig. 1 zeigt einen Roboter 1, der einen Roboterarm 2 und eine Robotersteuerung 13 aufweist. Der Roboterarm 2 umfasst im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mehrere, nacheinander angeordnete und mittels Gelenke 11 verbundene Glieder 12. Bei den Gliedern 12 handelt es sich insbesondere um ein Gestell 3 und ein relativ zum Gestell 3 um eine vertikal verlaufende Achse A1 drehbar gelagertes Karussell 4. Weitere Glieder des Roboterarms 2 sind im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels eine Schwinde 5, ein Armausleger 6 und eine vorzugsweise mehrachsige Roboterhand 7 mit einer als Flansch 8 ausgeführten Befestigungsvorrichtung 15 zum Befestigen eines nicht näher dargestellten Endeffektors, d.h. Werkzeugs. Die Schwinde 5 ist am unteren Ende z.B. an einem nicht näher dargestellten Schwingenlagerkopf auf dem Karussell 4 um eine vorzugsweise horizontale Drehachse A2 schwenkbar gelagert. Am oberen Ende der Schwinde 5 ist wiederum um eine ebenfalls vorzugsweise horizontale Achse A3 der Armausleger 6 schwenkbar gelagert. Dieser trägt endseitig die Roboterhand 7 mit ihren vorzugsweise drei Drehachsen A4, A5, A6.

**[0060]** Der Armausleger 6 weist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ein schwenkbar an der Schwinde 5 gelagertes erstes Gehäusebauteil 9 auf. An dem ersten Gehäusebauteil 9 ist ein zweites Gehäusebauteil 10 des Armauslegers 6 um die Achse A4 drehbar gelagert.

**[0061]** Der Roboter 1 weist eine Robotersteuerung 13 und einen Roboterarm 2 mit mehreren durch Glieder 12 verbundenen Gelenken 11 auf, die von Antriebsmotoren des Roboters 1, welche an die Gelenke 11 angekoppelt sind, gemäß eines von der Robotersteuerung 13 ausgeführten Roboterprogramms automatisiert oder in einem Handfahrbetrieb des Roboters 1 antriebsgesteuert verstellbar sind, um die Konfiguration des Roboterarms 2 zu verändern, wobei beispielsweise von den Gliedern 12 eines ein Zwischenglied 12.3 bildet, das über ein erstes Drehgelenk 11.1 mit einem in der kinematischen Kette des Roboterarms 2 dem Zwischenglied 12.3 vorgelagerten ersten Glied 12.1 drehbar verbunden ist und das über ein zweites Drehgelenk 11.2 mit einem in der kinematischen Kette des Roboterarms 2 dem Zwischenglied 12.3 nachgelagerten zweiten Glied 12.2 drehbar verbunden ist, wobei die Drehachse des ersten Drehgelenks 11.1 (HA1) orthogonal zur Drehachse des zweiten Drehgelenks 11.2 (HA2) ausgerichtet ist.

**[0062]** Die Fig. 1 zeigt demgemäß einen Industrieroboter 1 aufweisend einen Roboterarm 2 mit mehreren Gliedern 12, die über Gelenke 11 verbunden sind, sowie aufweisend eine Robotersteuerung 13,

die ausgebildet ist, die Glieder 12 des Roboterarms 2 gemäß eines Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb gegeneinander zu verstellen und zwar insbesondere in einer vorbestimmten Positioniergenauigkeit der verstellbaren Gelenke 11, wobei wenigstens eines der mehreren Glieder 12 mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 und/oder K3, K4 aufweist, von denen jede Bilderfassungseinrichtung K1, K2 und/oder K3, K4 hinsichtlich ihrer räumlichen Position und Orientierung bezüglich des Glieds 12, an dem die Bilderfassungseinrichtung K1, K2 und/oder K3, K4 befestigt ist, eingemessen ist, insbesondere mindestens in einer der Positioniergenauigkeit der Gelenke 11 entsprechenden Genauigkeit eingemessen ist.

**[0063]** Das beispielhafte Glied 12.1 weist eine die äußere Form des Glieds 12.1 bestimmende Gliedgehäuseoberfläche 20 und einen sich von der Gliedgehäuseoberfläche 20 ausgehenden, nach innen erstreckenden Aufnahmeraum auf, innerhalb dem die Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 vollständig aufgenommen sind.

**[0064]** Die Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 weisen, wie in Fig. 7 und Fig. 8 gezeigt, jeweils ein Eintrittsfenster 19 auf, über das Lichtstrahlen von außen beispielsweise in die Bilderfassungseinrichtung K1 eintreten können, um ein Bild der Umgebung des Industrieroboters 1 innerhalb der Bilderfassungseinrichtung K1 zu erfassen, wobei das Eintrittsfenster 19 eine Fensteroberfläche 19a aufweist, die, wie in Fig. 7 gezeigt, bündig mit der Gliedgehäuseoberfläche 20 des Glieds 12.1, an dem die Bilderfassungseinrichtung K1 befestigt ist, abschließt.

**[0065]** Gemäß Fig. 2 weist in einer ersten Ausführungsform das Glied 12.1 acht über einen Umfang des Glieds 12.1 verteilt angeordnete Bilderfassungseinrichtungen K1 bis K8 auf. Die Fig. 3 und Fig. 4 zeigt, dass außerhalb eines bestimmten Mindestabstands (äußerer Kreis 21) eine vollständige Abdeckung schon mit vier Bilderfassungseinrichtungen K1, K2, K3 und K4 besteht. Durch die zusätzlichen vier Bilderfassungseinrichtungen K2, K4, K6 und K8 gemäß Fig. 2 wird eine Doppelabdeckung jedes Punktes in einem Überlappungsbereich 23 erreicht, so dass Sicherheitsanforderungen in sicherer Technik erfüllt werden können. Benötigt man nur einen bestimmten Winkel-Bereich mit doppelter Abdeckung, z.B. um einen Justagereferenz-Marker zu detektieren, so reichen schon die vier Bilderfassungseinrichtungen K1, K2, K3 und K4 aus, da diese auch bereits eine ausreichende Überlappung aufweisen.

**[0066]** Gemäß Fig. 3 weist in einer zweiten Ausführungsform das Glied 12.1 deshalb nur vier über einen Umfang des Glieds 12.1 verteilt angeordnete Bilderfassungseinrichtungen K1 bis K4 auf.

**[0067]** Gemäß **Fig. 4** weist in einer dritten Ausführungsform das Glied **12.1** zwei über einen Umfang des Glieds **12.1** verteilt angeordnete Bilderfassungseinrichtungen K1 und K2 auf.

**[0068]** Gemäß **Fig. 5** weist in einer vierten Ausführungsform das Glied **12.1** auf einem ersten Umfang des Glieds **12.1** eine erste Bilderfassungseinrichtung K1 auf, wobei auf anderen Umfangslagen jeweils wenigstens eine weitere Bilderfassungseinrichtung K2 angeordnet sein können, die jedoch nicht näher dargestellt sind.

**[0069]** In den Ausführungen der **Fig. 4** und **Fig. 5** wird auf eine Abdeckung nach oben hin verzichtet. So lässt sich die Anzahl der mindestens notwendigen Bilderfassungseinrichtungen K1 und K2 auf zwei reduzieren.

**[0070]** In der **Fig. 6** ist aufgezeigt, wie bereits zwei Bilderfassungseinrichtungen K1 und K2 einen gemeinsamen Überlappungsbereich **23** bilden können, in dem aufgrund der redundanten optischen Erfassung mittels der beiden Bilderfassungseinrichtungen K1 und K2, eine Überwachung in sicherer Technik durchgeführt werden kann.

**[0071]** In den Ausführungsvarianten der **Fig. 7** und **Fig. 8** ist der repräsentativen Bilderfassungseinrichtung K1 ein Eintrittsfenster **19** zugeordnet, über das Lichtstrahlen von außen in die Bilderfassungseinrichtung K1 eintreten kann, um ein Bild der Umgebung des Industrieroboters **1** innerhalb der Bilderfassungseinrichtung K1 zu erfassen. Das Eintrittsfenster **19** weist in der Variante gemäß **Fig. 7** eine Fensteroberfläche **19a** auf, die bündig mit einer Gliedgehäuseoberfläche **20** des Glieds **12** bzw. des Handglieds **7** an dem die Bilderfassungseinrichtung K1 befestigt ist, abschließt.

**[0072]** Das Eintrittsfenster **19** weist in der Variante gemäß **Fig. 8** eine Fensteroberfläche **19a** auf, die gegenüber der Gliedgehäuseoberfläche **20** des Glieds **12** bzw. des Handglieds **7** zurückversetzt ist.

**[0073]** In beiden Varianten kann das Eintrittsfenster **19** beispielsweise durch eine optische Linse der Bilderfassungseinrichtung K1 gebildet werden. Das Eintrittsfenster **19** kann jedoch auch, wie in **Fig. 7** und **Fig. 8** dargestellt, eine lichtdurchlässige Schutzabdeckung sein, welche die Bilderfassungseinrichtung K1, insbesondere dessen optische Linse überdeckt.

**[0074]** Der Roboterarm **2** gemäß **Fig. 1** und **Fig. 9** bis **Fig. 11** ist als ein Knickarmroboter **2a** ausgebildet, bei dem die mehreren Glieder **12** in einer kinematischen Kette aufeinanderfolgend angeordnet und jeweils zwei benachbarte Glieder **12** durch jeweils eines der Gelenke **11** gegeneinander verstellbar verbunden sind, wobei ein proximales Endglied

G1 der Glieder **12** ein Grundgestell bildet, das zum Befestigen des Knickarmroboters **2a** an einem Fundament ausgebildet ist, und ein distales Endglied G7 der Glieder **12** einen Handflansch bildet, der zur Befestigung eines vom Knickarmroboter **2a** handzuhabenden Werkzeugs ausgebildet ist, und die Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 an einem Glied G6 angeordnet sind, das in der kinematischen Kette dem proximalen Endglied G1 unmittelbar vorgelagert ist.

**[0075]** Die Bilderfassungseinrichtung K1, K2 kann einen mit der Robotersteuerung **13** verbundenen Bildsensor aufweisen, derart, dass vom Bildsensor erfasste Bildinformationen an die Robotersteuerung **13** übertragen werden und die Robotersteuerung **13** eine Verarbeitungseinrichtung **16** (**Fig. 1**) aufweist, die ausgebildet ist, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Erfassung von Bildinformationen durch den Bildsensor momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte der Glieder **12** des Roboterarms **2** zu erfassen und diese Gelenkstellungswerte der Glieder **12** des Roboterarms **2** den Bildinformationen zuzuordnen.

**[0076]** Die Bilderfassungseinrichtung K1, K2 kann einen mit der Robotersteuerung **13** verbundenen Bildsensor aufweisen, derart, dass vom Bildsensor erfasste Bildinformationen an die Robotersteuerung **13** übertragen werden und die Robotersteuerung **13** eine Verarbeitungseinrichtung **16** aufweist, die ausgebildet ist, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Erfassung von Bildinformationen durch den Bildsensor momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte der Glieder **12** des Roboterarms **2** zu erfassen, aus den Gelenkstellungswerten der Glieder **12** des Roboterarms **2** die Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung K1, K2 bezüglich des Arbeitsraumes des Industrieroboters zu bestimmen und diese Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung K1, K2 im Arbeitsraum den zugehörigen Bildinformationen zuzuordnen.

**[0077]** Die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** kann ausgebildet sein, auf Grundlage von Bildinformationen, die von den Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 erhalten sind, und auf Grundlage von den Bildinformationen zugeordneten räumlichen Lagen der Bilderfassungseinrichtungen K1, K2, eine sicherheitsgerichtete Funktion des Industrieroboters auszuführen.

**[0078]** Wie in **Fig. 9** dargestellt, kann die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** ausgebildet sein, den Roboterarm **2** in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 einen getrennt vom Roboterarm **2** in einer vorbekannten, gespeicherten Position und Orientierung im Raum angeordneten optischen Marker **24** erfasst und von diesem optischen Marker **24** Bilddaten erzeugt, und auf Grundlage ei-

ner Auswertung der erzeugten Bilddaten und der vorbekannten, gespeicherten Position und Orientierung des optischen Markers **24** eine momentane Gelenkstellung wenigstens eines der Gelenke des Roboterarms **2** berechnet wird.

**13** oder der Verarbeitungseinrichtung **16** mit gespeicherten Identifikationsmerkmalen verglichen werden.

**[0079]** Die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** kann ausgebildet sein, den Roboterarm **2** in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 ein durch den Roboterarm **2** gehandhabtes Werkzeug optisch erfasst und von diesem Werkzeug Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0080]** Die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** kann ausgebildet sein, den Roboterarm **2** in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 ein durch den Roboterarm **2** zu bearbeitendes Werkstück optisch erfasst und von diesem Werkstück Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0081]** Wie in **Fig. 10** gezeigt, kann die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** ausgebildet sein, den Roboterarm **2** in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 den Arbeitsraum **17** des Industrieroboters **1** zumindest teilweise oder vollständig optisch erfasst und von diesem Arbeitsraum **17** Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0082]** Wie in **Fig. 10** und **Fig. 11** gezeigt, kann die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** ausgebildet sein, den Roboterarm **2** in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 einen vom Arbeitsraum **17** des Industrieroboters **1** getrennten Schutzraum **18** zumindest teilweise oder vollständig optisch erfasst und zwar mittels eines Referenzmarkenwürfels **25** mit drei orthogonalen Marken, welche zwei diagonal gegenüberliegende Ecken des Schutzraumes **18** definieren, und von diesem Schutzraum **18** Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** zur weiteren Auswertung übermittelt.

**[0083]** Die Robotersteuerung **13** oder die Verarbeitungseinrichtung **16** ausgebildet ist, den Roboterarm **2** in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen K1, K2 eine Person oder eine Identifikationsvorrichtung, welcher einer bestimmten Person zugeordnet ist, optisch erfasst und daraus Bilddaten erzeugt werden, und die Bilddaten von der Robotersteuerung

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102007055204 A1 [0002]

## Patentansprüche

1. Industrieroboter aufweisend einen Roboterarm (2) mit mehreren Gliedern (12), die über Gelenke (11) verbunden sind, sowie aufweisend eine Robotersteuerung (13), die ausgebildet ist, die Glieder (12) des Roboterarms (2) gemäß eines Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb gegeneinander zu verstellen, wobei wenigstens eines der mehreren Glieder (12) mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) aufweist, von denen jede Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) hinsichtlich ihrer räumlichen Position und Orientierung bezüglich des Glieds (12), an dem die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) befestigt ist, eingemessen ist.

2. Industrieroboter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) ausgebildet ist, die Glieder (12) des Roboterarms (2) gemäß eines Roboterprogramms automatisch oder in einem Handfahrbetrieb gegeneinander in einer vorbestimmten Positioniergenauigkeit der verstellbaren Gelenke (11) zu verstellen, wobei die mindestens zwei Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) hinsichtlich ihrer räumlichen Position und Orientierung bezüglich des Glieds (12), an dem die Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) befestigt sind, mindestens in einer der Positioniergenauigkeit der Gelenke (11) entsprechenden Genauigkeit eingemessen sind.

3. Industrieroboter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glied (12) eine die äußere Form des Glieds (12) bestimmende Gliedgehäuseoberfläche und einen sich von der Gliedgehäuseoberfläche ausgehenden, nach innen erstreckenden Aufnahmeraum aufweist, innerhalb dem die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) vollständig aufgenommen ist.

4. Industrieroboter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) ein Eintrittsfenster aufweist, über das Lichtstrahlen von außen in die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) eintreten, um ein Bild der Umgebung des Industrieroboters innerhalb der Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) zu erfassen, wobei das Eintrittsfenster eine Fensteroberfläche aufweist, die bündig mit der Gliedgehäuseoberfläche des Glieds (12) oder gegenüber der Gliedgehäuseoberfläche zurückversetzt ist, an dem die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) befestigt ist, abschließt.

5. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glied (12) wenigstens drei über einen Umfang des Glieds (12) verteilt angeordnete Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) aufweist.

6. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Roboter-

arm (2) als ein Knickarmroboter (2a) ausgebildet ist, bei dem die mehreren Glieder (12) in einer kinematischen Kette aufeinanderfolgend angeordnet und jeweils zwei benachbarte Glieder (12) durch jeweils eines der Gelenke (11) gegeneinander verstellbar verbunden sind, wobei ein proximales Endglied (G1) der Glieder (12) ein Grundgestell bildet, das zum Befestigen des Knickarmroboters (2a) an einem Fundament ausgebildet ist, und ein distales Endglied (G7) der Glieder (12) einen Handflansch bildet, der zur Befestigung eines vom Knickarmroboter (2a) handzuhabenden Werkzeugs ausgebildet ist, und die Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) an einem Glied (G6) angeordnet sind, das in der kinematischen Kette dem proximalen Endglied (G1) unmittelbar vorgelagert ist.

7. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) einen mit der Robotersteuerung (13) verbundenen Bildsensor aufweist, derart, dass vom Bildsensor erfasste Bildinformationen an die Robotersteuerung (13) übertragen werden und die Robotersteuerung (13) eine Verarbeitungseinrichtung (16) aufweist, die ausgebildet ist, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Erfassung von Bildinformationen durch den Bildsensor momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte der Glieder (12) des Roboterarms (2) zu erfassen und diese Gelenkstellungswerte der Glieder (12) des Roboterarms (2) den Bildinformationen zuzuordnen.

8. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) einen mit der Robotersteuerung (13) verbundenen Bildsensor aufweist, derart, dass vom Bildsensor erfasste Bildinformationen an die Robotersteuerung (13) übertragen werden und die Robotersteuerung (13) eine Verarbeitungseinrichtung (16) aufweist, die ausgebildet ist, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einer Erfassung von Bildinformationen durch den Bildsensor momentan eingenommenen Gelenkstellungswerte der Glieder (12) des Roboterarms (2) zu erfassen, aus den Gelenkstellungswerten der Glieder (12) des Roboterarms (2) die Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) bezüglich des Arbeitsraumes (17) des Industrieroboters (1) zu bestimmen und diese Position und Orientierung der Bilderfassungseinrichtung (K1, K2) im Arbeitsraum (17) den zugehörigen Bildinformationen zuzuordnen.

9. Industrieroboter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) ausgebildet ist, auf Grundlage von Bildinformationen, die von den Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) erhalten sind, und auf Grundlage von den Bildinformationen zugeordneten räumlichen Lagen der Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2), eine sicherheits-

gerichtete Funktion des Industrieroboters auszuführen.

10. Industrieroboter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) ausgebildet ist, den Roboterarm (2) in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) einen getrennt vom Roboterarm (2) in einer vorbekannten, gespeicherten Position und Orientierung im Raum angeordneten optischen Marker erfasst und von diesem optischen Marker Bilddaten erzeugt, und auf Grundlage einer Auswertung der erzeugten Bilddaten und der vorbekannten, gespeicherten Position und Orientierung des optischen Markers eine momentane Gelenkstellung wenigstens eines der Gelenke des Roboterarms (2) berechnet wird.

11. Industrieroboter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) ausgebildet ist, den Roboterarm (2) in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) ein durch den Roboterarm (2) gehandhabtes Werkzeug optisch erfasst und von diesem Werkzeug Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) zur weiteren Auswertung übermittelt.

12. Industrieroboter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) ausgebildet ist, den Roboterarm (2) in eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) ein durch den Roboterarm (2) zu bearbeitendes Werkstück optisch erfasst und von diesem Werkstück Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) zur weiteren Auswertung übermittelt.

13. Industrieroboter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) ausgebildet ist, den Roboterarm (2) in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) den Arbeitsraum (17) des Industrieroboters (1) zumindest teilweise oder vollständig optisch erfasst und von diesem Arbeitsraum (17) Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) zur weiteren Auswertung übermittelt.

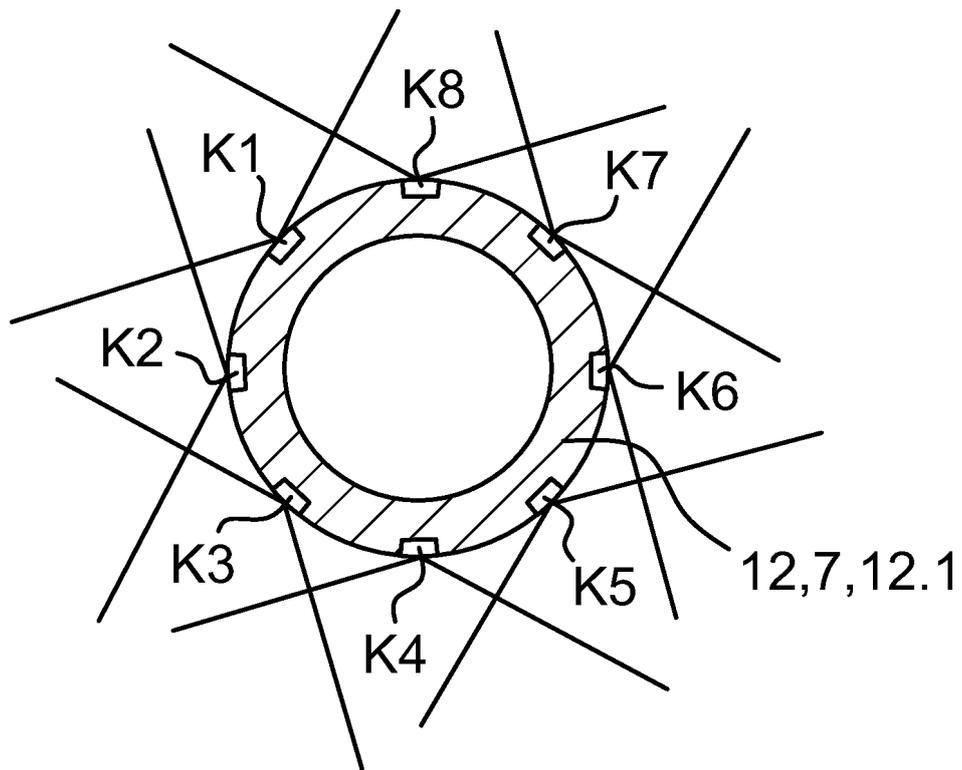
14. Industrieroboter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) ausgebildet ist, den Roboterarm (2) in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) einen vom Arbeitsraum (17) des Industrieroboters (1) getrennten

Schutzraum (18) zumindest teilweise oder vollständig optisch erfasst und von diesem Schutzraum (18) Bilddaten erzeugt und an die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) zur weiteren Auswertung übermittelt.

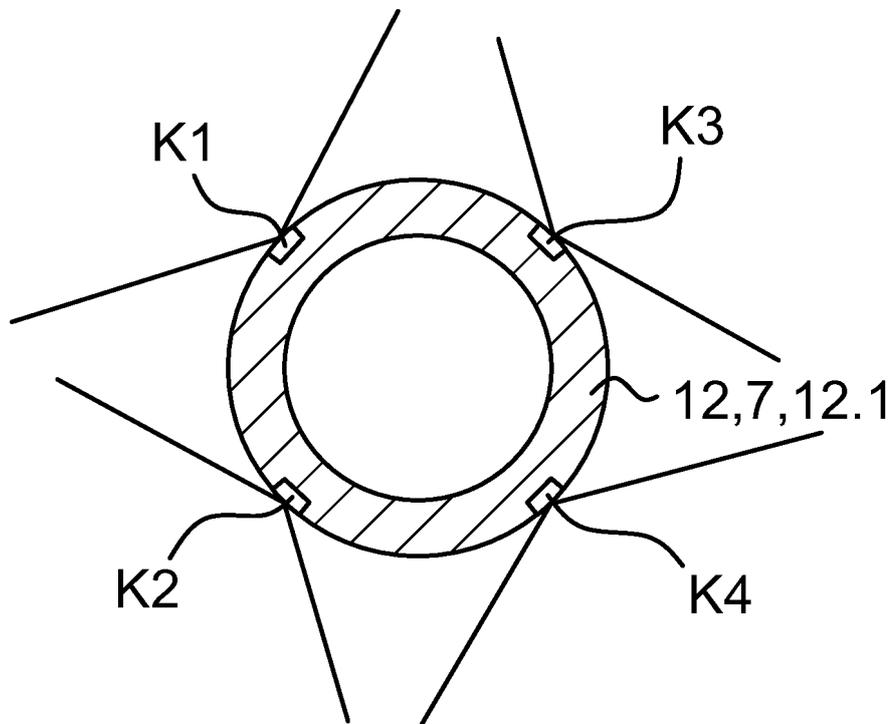
15. Industrieroboter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Robotersteuerung (13) oder die Verarbeitungseinrichtung (16) ausgebildet ist, den Roboterarm (2) in wenigstens eine Armstellung zu bewegen, in welcher wenigstens eine der Bilderfassungseinrichtungen (K1, K2) eine Person oder eine Identifikationsvorrichtung, welcher einer bestimmten Person zugeordnet ist, optisch erfasst und daraus Bilddaten erzeugt werden, und die Bilddaten von der Robotersteuerung (13) oder der Verarbeitungseinrichtung (16) mit gespeicherten Identifikationsmerkmalen verglichen werden.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

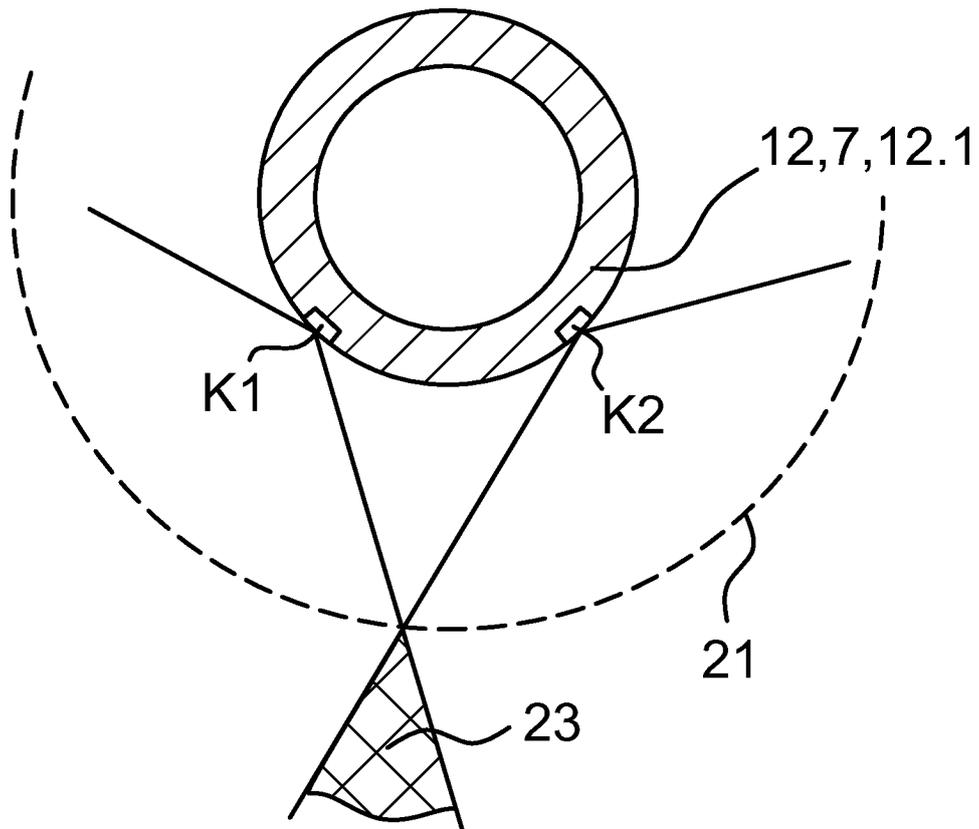




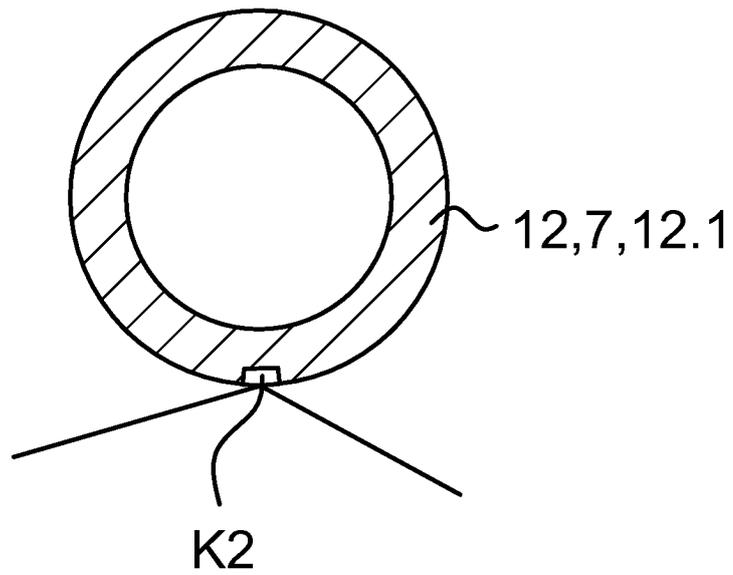
*Fig. 2*



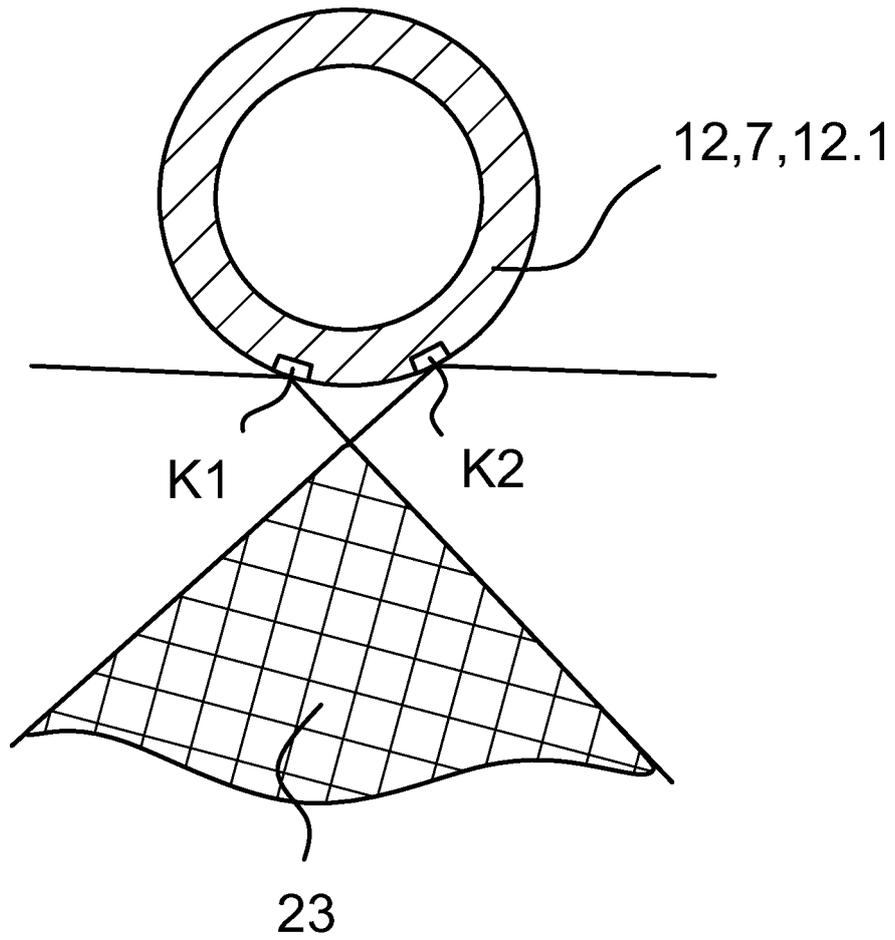
*Fig. 3*



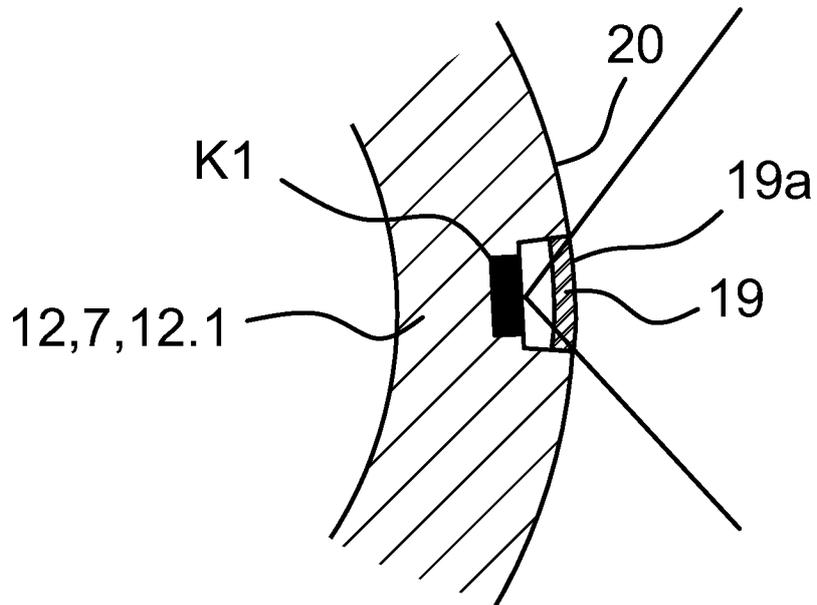
*Fig. 4*



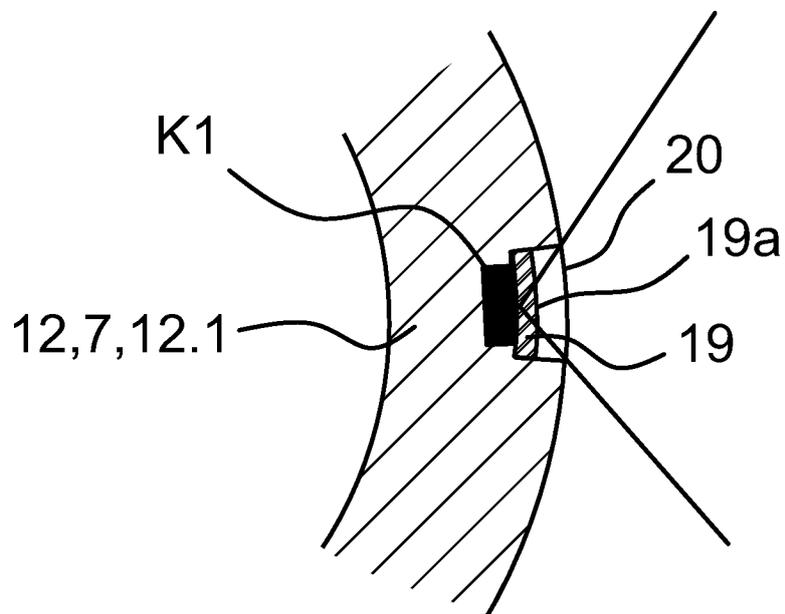
*Fig. 5*



*Fig. 6*



*Fig. 7*



*Fig. 8*



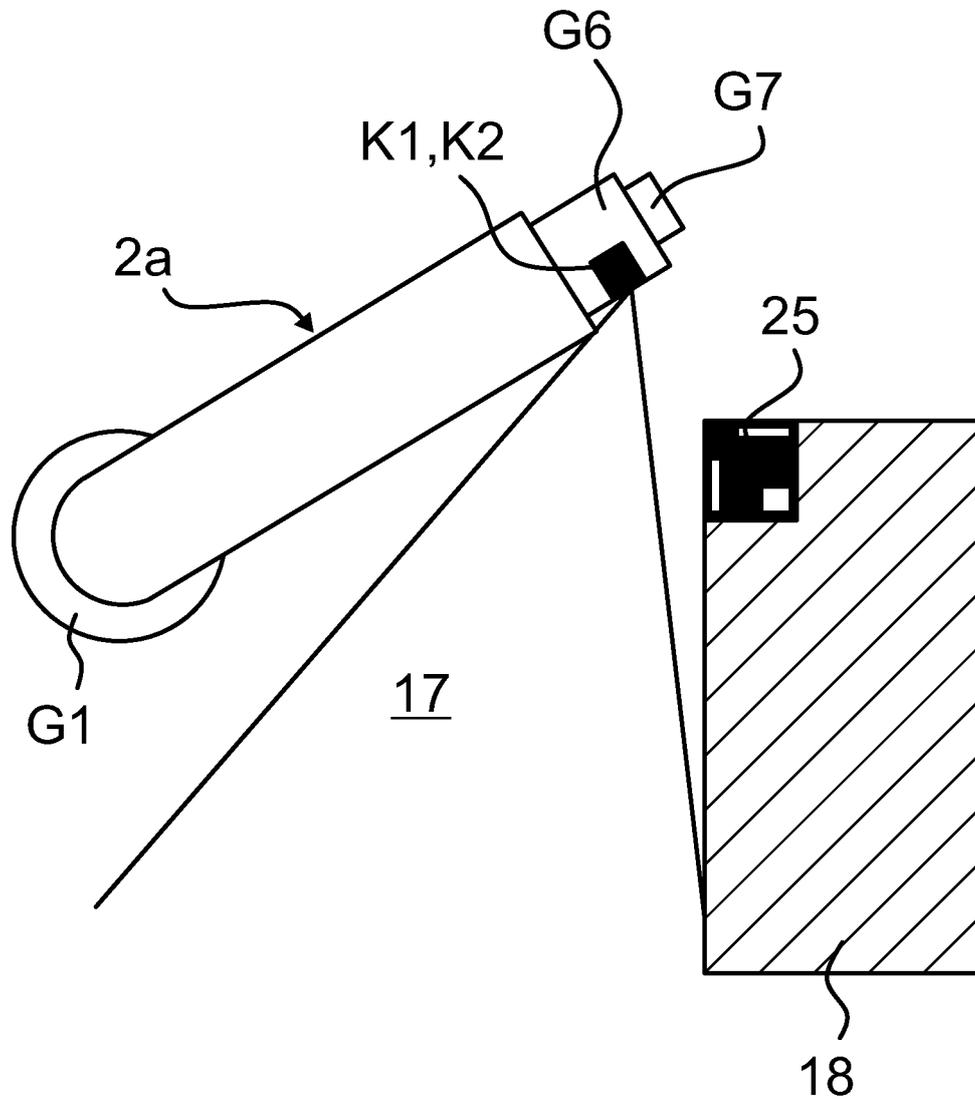


Fig. 10

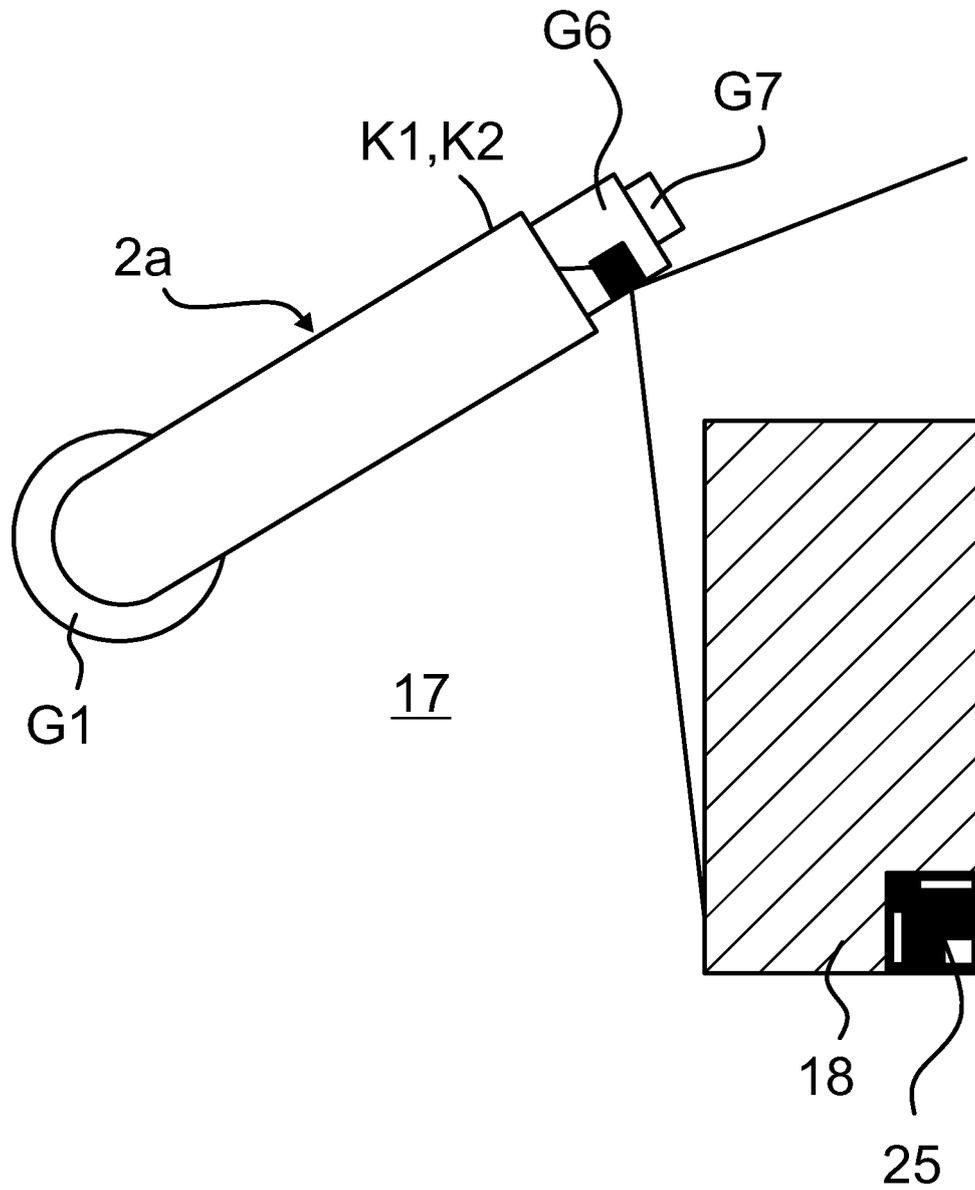


Fig. 11