



(10) **DE 10 2013 019 869 B4** 2022.01.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 019 869.0**

(22) Anmeldetag: **28.11.2013**

(43) Offenlegungstag: **28.05.2015**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.01.2022**

(51) Int Cl.: **B25J 13/02 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

ABB Schweiz AG, Baden, CH

(74) Vertreter:

**Beetz & Partner mbB Patentanwälte, 80538
München, DE**

(72) Erfinder:

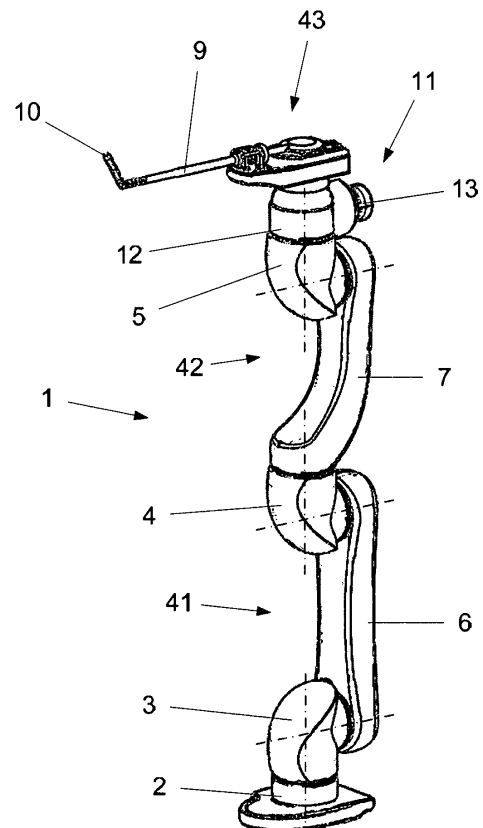
**Gombert, Bernd, 82237 Wörthsee, DE; Ries,
Michael, 82140 Olching, DE; Semsey, Akos, 93051
Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	32 11 992	A1
DE	32 40 251	A1
DE	10 2009 012 219	A1

(54) Bezeichnung: **Roboterarm mit Eingabemodul**

(57) Hauptanspruch: Roboterarm (1) mit wenigstens zwei gegeneinander beweglichen Armmodulen (41, 42) und wenigstens einem manuell betätigbaren Eingabemodul (11) zur Generierung von Steuersignalen zur Steuerung des Roboterarms (1) auf Grundlage einer Benutzereingabe, und mehreren Schnittstellen (8, 38, 39, 40), an denen das Eingabemodul (11) wahlweise montierbar ist, darunter jeweils eine erste Schnittstelle (38, 40) des ersten und des zweiten Armmoduls (41, 42), gekennzeichnet durch eine Steuereinheit (17, 19), die eingerichtet ist, die Schnittstelle (8, 38, 40), an der das Eingabemodul (11) montiert ist, zu identifizieren und bei der Auswertung eines von dem Eingabemodul (11) gelieferten Steuersignals zu berücksichtigen, indem sie eine Bewegung des Roboterarms (1) so steuert, dass diejenige Schnittstelle (8, 38, 39, 40), an der das Eingabemodul (11) montiert ist, in Richtung einer auf das Eingabemodul (11) ausgeübten Kraft bewegt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Roboterarm mit einem manuell bedienbaren Eingabemodul zur Steuerung des Roboterarms.

[0002] Roboter werden in vielfältigen Bereichen der Technik eingesetzt. Eine verbreitete Ausbildungsform von Robotern ist der Roboterarm. Roboterarme werden häufig genutzt, um den Menschen bei der Durchführung händischer Arbeiten zu entlasten. Somit wird der Mensch davon entbunden, selbst strapaziöse Handgriffe zu erledigen. Wenn solche Handgriffe, z.B. in der industriellen Fertigung, vielfach identisch wiederholt werden müssen, genügt es oft, den vom Roboterarm zurückzulegenden Weg einmal zu programmieren und die Bewegung entlang des Weges anschließend von einem Computer steuern zu lassen. DE 32 40 251 offenbart ein Eingabemodul zum Programmieren eines solchen Weges. Das Eingabemodul kann ortsfest und getrennt von dem Roboterarm oder zusammen mit dem Roboterarm beweglich an einem Endeffektor des Roboterarms angebracht sein. Im einen wie im anderen Fall erlaubt das Eingabemodul eine gezielte Steuerung nur für den Endeffektor. Wenn ein intermediäres Armmodul des Roboterarms von einem Hindernis blockiert wird, kann der Roboter eine geplante Bewegung nicht ausführen.

[0003] DE 10 2009 012 219 A1 offenbart ein Robotersystem mit einem Roboterarm zum Handhaben eines Bauteiles und einem Handsteuerelement zum Steuern des Roboterarms, das an dem Bauteil montierbar ist. Ein Benutzer spezifiziert einen Richtungswunsch für die Bewegung des Bauteils durch eine Kräfteinwirkung auf das Handsteuerelement. Eine korrekte Umsetzung des Richtungswunschs in eine Bewegung des Bauteils ist aber nur dann möglich, wenn das Handsteuerelement in einer vorgegebenen korrekten Position und Orientierung am Bauteil montiert ist. Daraus folgt, dass das System nur für Bauteile von bekannter Gestalt verwendbar ist, die eine solche Montage ermöglichen.

[0004] DE 32 11 992 A1 offenbart einen Farbspritzroboter mit mehreren gelenkig verbundenen Armmodulen. Zwei der Armmodule tragen jeweils ein Eingabemodul in Form eines Griffes, der mit Sensoren zur Erfassung der Richtung einer von einem Benutzer auf den Griff ausgeübten Kraft ausgestattet ist. So kann auch ein intermediäres Armmodul über den an ihm angebrachten Griff gezielt geführt und eine Blockade durch ein externes Hindernis umgangen werden.

[0005] Je mehr gegeneinander bewegliche Armmodule ein Roboterarm aufweist, um so eher ist es zwar im allgemeinen möglich, ein intermediäres Armmodul um ein Hindernis herumzubewegen, um so kost-

spieliger ist es aber auch, alle Armmodule mit den dafür erforderlichen Eingabemodulen auszustatten. Es ist zwar möglich, Kosten zu sparen, indem einzelne Armmodule ohne Eingabemodul gelassen werden, doch macht dies nur Sinn, wenn gewiss ist, dass ein Armmodul ohne Eingabemodul keine Gefahr läuft, von einem Hindernis blockiert zu werden. Der Käufer eines Roboterarms muss sich daher entscheiden, ob er entweder erhebliche Mittel für Eingabemodule aufwenden will, von denen er möglicherweise nicht alle braucht, oder das Risiko einzugehen, dass der Roboterarm eine gewünschte Bewegung nicht ausführen kann, weil ein intermediäres Armmodul durch ein Hindernis blockiert wird und nicht an dem Hindernis vorbeigelenkt werden kann.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist, einen Roboterarm zu schaffen, der kostengünstig zu fertigen ist und bei dem die Gefahr der Blockade durch ein Hindernis dennoch minimiert ist.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch einen Roboterarm mit wenigstens zwei gegeneinander beweglichen Armmodulen und wenigstens einem manuell betätigbaren Eingabemodul zur Generierung von Steuersignalen zur Steuerung des Roboterarms auf Grundlage einer Benutzereingabe, wobei wenigstens zwei der Armmodule eine erste Schnittstelle aufweisen, an die das Eingabemodul wahlweise montierbar ist.

[0008] Der Anwender des Roboterarms hat somit die Möglichkeit, den Anbringungsort des Eingabemoduls jeweils entsprechend dem Bedarf zu wählen und ihn ggf. an die Umgebung, in der der Roboterarm eingesetzt wird, anzupassen. Eingabemodule, die zum Umgehen eines Hindernisses nicht benötigt werden, müssen nicht montiert und auch nicht angeschafft werden, so dass der Anwender die Anschaffungskosten des Roboterarms niedrig halten kann. Stellt sich heraus, dass in einer bestimmten Anwendungsumgebung die Zahl der Eingabemodule nicht ausreicht, um den Arm um alle Hindernisse herumzulenken, kann ein weiteres Eingabemodul angeschafft und montiert werden. Da ein gleiches Eingabemodul an verschiedenen Stellen eines Roboterarms verwendbar ist, kann es in großer Stückzahl gefertigt und vom Hersteller dementsprechend preiswert angeboten werden.

[0009] Der Roboterarm kann damit auch an bestimmte Einsatzzwecke angepasst werden. Muss beispielsweise das eine Ende des Roboterarms in ein Arbeitsgebiet eindringen, in dem eine manuelle Bedienung nicht möglich ist, so könnte der Roboter mit einem an diesem Ende befindlichen Eingabemodul gar nicht gesteuert werden. Diese Problematik kann erfindungsgemäß daher umgangen werden, indem das Eingabemodul stattdessen an einer manuell erreichbaren Stelle angebracht wird.

[0010] Da das Eingabemodul an unterschiedlichen Armmodulen angebracht werden kann, ist eine Steuereinheit des erfindungsgemäßen Roboterarms eingerichtet, automatisch, insbesondere anhand der Belegung oder Nichtbelegung der vorhandenen Schnittstellen, zu erkennen, an welcher Schnittstelle das Eingabemodul angebracht ist, und die Schnittstelle, an der das Eingabemodul montiert ist, bei der Auswertung eines von dem Eingabemodul gelieferten Steuersignals zu berücksichtigen. Somit bewirkt das Eingabemodul in Abhängigkeit der Montageposition am Roboterarm eine unterschiedliche Steuerung des Roboterarms. Wird das Eingabemodul beispielsweise am Ende des Roboterarms angebracht, so kann mittels des Eingabemoduls dieses Ende frei im Raum bewegt werden. Wird das Eingabemodul hingegen an einem intermediären Armmodul angebracht, so wird nur dieses intermediäre Armmodul entlang der von dem Eingabemodul vorgegebenen Bewegungsbahn bewegt. Die sich an dem intermediären Armmodul anschließenden Armmodule werden dann nur mitgeführt.

[0011] Die Bedienung des Roboters soll möglichst intuitiv erfolgen. Dies wird erreicht, wenn sich der Roboterarm in diejenige Richtung bewegt, in welche der Benutzer eine Kraft auf das Eingabemodul ausübt. Daher ist die Steuereinheit erfindungsgemäß eingerichtet, eine Bewegung des Roboterarms so zu steuern, dass die Schnittstelle, an der das Eingabemodul montiert ist, in Richtung einer auf das Eingabemodul ausgeübten Kraft bewegt wird.

[0012] Der Roboterarm kann aus verschiedenen Armmodulen zusammengesetzt werden. Ähnlich einem Baukastensystem sind mehrere baugleiche oder unterschiedliche Armmodule miteinander kombinierbar, wobei die Schnittstelle des einen Armmoduls mit der Schnittstelle eines anderen Armmoduls verbunden werden kann. Beispielsweise kann die erfindungsgemäß vorhandene erste Schnittstelle der Armmodule zur gegenseitigen Verbindung der Armmodule genutzt werden. Alternativ kann ein Armmodul eine zweite Schnittstelle aufweisen, die mit einer ersten Schnittstelle eines anderen Armmoduls verbunden werden kann.

[0013] Weist ein Armmodul zwei Schnittstellen auf, so sind die Schnittstellen vorzugsweise derart am Armmodul angebracht, dass sie in wenigstens einem Freiheitsgrad gegeneinander beweglich sind. Hierzu kann das Armmodul ein Gelenk aufweisen, das zwischen den beiden Schnittstellen angeordnet ist, und somit eine Relativbewegung der einen Schnittstelle in Bezug auf die andere Schnittstelle ermöglicht. Werden mehrere Armmodule mit integriertem Gelenk miteinander verbunden, kann ein beweglicher Roboterarm mit mehreren Freiheitsgraden aufgebaut werden.

[0014] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann das Eingabemodul zwischen zwei Armmodule integriert werden. Zu diesem Zweck kann das Eingabemodul zwei Schnittstellen aufweisen, von denen die eine mit einer Schnittstelle des ersten Armmoduls und die andere mit einer Schnittstelle des zweiten Armmoduls verbindbar ist. Ein solcher Aufbau ermöglicht insbesondere die Nachrüstung eines Eingabemoduls in einem existierenden modularen, aus mehreren über Schnittstellen miteinander verbundenen Armmodulen aufgebauten Roboterarms, der keine freie Schnittstelle für den Anbau eines Eingabemoduls aufweist.

[0015] Die Schnittstellen können unterschiedlich ausgebildet sein. Die erste Schnittstelle kann als erster Typ, z. B. steckerartig, und die zweite Schnittstelle als zweiter Typ, z. B. buchsenartig, ausgebildet sein. Die baulich verschiedenen Typen sind jedoch komplementär ausgebildet, so dass sie sich miteinander verbinden lassen. Sowohl die Armmodule als auch das Eingabemodul kann zumindest einen ersten und / oder einen zweiten Schnittstellentyp aufweisen.

[0016] Durch die Modularität des Roboterarms wird eine hohe Flexibilität des Roboterbaus erreicht. Vorzugsweise lassen sich die Armmodule in unterschiedlicher Reihenfolge montieren bzw. austauschen. Der Benutzer des Roboters hat somit einen großen Gestaltungsspielraum und kann den Roboterarm individuell an seine Anforderungen anpassen. Beispielsweise kann ein Roboterarm aus zumindest drei Armmodulen und einem Eingabemodul aufgebaut werden. Zwei der Armmodule lassen sich in oben beschriebener Weise verbinden. Je nachdem, ob nun am zweiten Armmodul das Eingabemodul montiert wurde oder nicht, kann erfindungsgemäß das dritte Armmodul sowohl an die erste Schnittstelle des zweiten Armmoduls als auch an eine Schnittstelle des Eingabemoduls montiert werden. Die Schnittstelle des dritten Armmoduls ist entsprechend dazu ausgebildet. Der Benutzer hat somit freie Wahl, die Module miteinander zu kombinieren.

[0017] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst das dritte Armmodul ein Werkzeug oder ein Instrument bzw. ist selbst als Werkzeug oder Instrument ausgebildet.

[0018] Das Eingabemodul sollte einen Grundkörper sowie ein Bedienelement aufweisen, das der eigentlichen manuellen Eingabe von Steuersignalen dient. Das Bedienelement ist kann beweglich, insbesondere in je drei Freiheitsgraden der Translation und/oder der Rotation beweglich, am Grundelement angebracht sein. Es kann aber auch, ohne beweglich zu sein, für Betrag und Richtung einer auf es ausgeübten Kraft oder eines Drehmoments empfindlich sein. Entsprechend der Betätigungsrichtung kann der

Roboterarm bzw. das mit dem Roboterarm verbundene Grundelement frei im Raum geführt werden. Wird beispielsweise von oben auf das Bedienelement gedrückt, so wird das Eingabemodul nach unten bewegt. Wird das Bedienelement gedreht, wird der Roboterarm in entsprechende Drehrichtung schwenken.

[0019] Das Bedienelement kann in unterschiedlichen Ausführungsformen vorliegen. Bei einer ersten Form ist das Bedienelement als Kappe ausgebildet, die seitlich am Grundkörper angebracht ist. Dadurch ist das Bedienelement leicht zugänglich und kann gut von einer Hand gegriffen und betätigt werden.

[0020] Bei einer alternativen Form erstreckt sich das Bedienelement um den Grundkörper herum. Vorzugsweise ist das Bedienelement ringförmig ausgebildet und kann ebenfalls in sechs Freiheitsgraden betätigt werden.

[0021] Die Schnittstellen des Eingabemoduls befinden sich vorzugsweise an den Stirnseiten des Grundkörpers, die sich getrennt voneinander gegenüberliegen können.

[0022] Das Eingabemodul kann ferner auch mehrere Bedienelemente aufweisen. Beispielsweise kann das Eingabemodul ein zweites Bedienelement umfassen, das eine weitere Funktion aufweist. Somit wird dem Benutzer ermöglicht, den Roboterarm durch Betätigung des einen Bedienelements mit einer bestimmten Geschwindigkeit und durch Betätigung des anderen Bedienelements mit veränderter Geschwindigkeit zu bewegen. Hierzu kann den beiden Bedienelementen eine bestimmte Geschwindigkeit zugewiesen werden, so dass je nachdem, welches Bedienelement betätigt wird, eine unterschiedliche Geschwindigkeit vorgegeben wird. Alternativ kann das zweite Bedienelement als Regler fungieren, mit dem die Geschwindigkeit eingestellt werden kann, mit der der Roboterarm sich in der durch die Eingabe am ersten Bedienelement vorgegebenen Richtung bewegt. Somit ist es möglich, die Geschwindigkeit stufenlos zu variieren.

[0023] Erfindungsgemäß kann das Eingabemodul weitere Funktionen aufweisen, welche die Sicherheit oder die Zuverlässigkeit des Eingabemoduls verbessern. Demnach kann eine gleichzeitige Betätigung zweier oder mehrerer Bedienelemente detektiert werden. Um jedoch nur einem Bedienelement den Vorzug zu geben, kann dieses Bedienelement gegenüber den anderen Bedienelementen priorisiert werden. Dadurch werden nur die Steuerbefehle des priorisierten Bedienelements ausgeführt.

[0024] Ferner kann das Eingabemodul mit einer Einrichtung zur Erfassung von den auf das Eingabemodul wirkenden Beschleunigungen ausgerüstet sein.

Aus den Beschleunigungswerten können wichtige Bewegungsinformationen ermittelt werden, z. B. die Geschwindigkeit, mit der der Roboterarm bewegt wird, oder die Position, an der sich das Eingabemodul befindet. Durch Vergleich der ermittelten Werte mit den Vorgaben am Bedienelement kann dann überprüft werden, ob die Vorgaben mit den tatsächlichen Werten übereinstimmen. Bestehen Abweichungen, kann eine entsprechende Zustandsmeldung für den Benutzer generiert werden, oder die Abweichungen können automatisch ausgegeregelt werden.

[0025] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 einen aus mehreren Armmodulen und einem Eingabemodul aufgebauten Roboterarm;

Fig. 2 eine schematisierte Explosionszeichnung des Roboterarms aus **Fig. 1**;

Fig. 3 einen Adapter zum Verbinden zweier nichtkompatibler Schnittstellen;

Fig. 4 ein Eingabemodul gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 5 eine mechanische Schnittstelle mit einem Verbindungsring in einer Schnittansicht;

Fig. 6 ein Eingabemodul mit einem Verbindungsring;

Fig. 7 einen von einer Position zu einer anderen Position bewegten Roboterarm;

Fig. 8 einen Roboterarm mit zwei Eingabemodulen;

Fig. 9 ein Eingabemodul gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 10 ein Eingabemodul gemäß einer dritten Ausführungsform;

Fig. 11 ein Eingabemodul nach **Fig. 10** in einer schematisierten Schnittansicht;

Fig. 12 einen Roboterarm mit einem Eingabemodul gemäß der dritten Ausführungsform.

[0026] **Fig. 1** zeigt einen Roboterarm 1 bestehend aus mehreren Modulen, nämlich einem ersten, unteren Armmodul 41, einem zweiten, mittleren Armmodul 42, einem dritten, oberen Armmodul 43 sowie einem Eingabemodul 11. Die Armmodule 41, 42 und 43 wiederum sind aus Modulbausteinen 2, 3, 4, 5, 6, 7 zusammengesetzt. Jedes Armmodul kann hinsichtlich Typ und Anzahl unterschiedliche Modulbausteine aufweisen. Die Erfindung verwirklicht somit ein Baukastenprinzip, nach dem verschiedene Modulbausteine beliebig miteinander verbunden werden können. Der folgende beschriebene Aufbau des

Roboterarms bzw. der Armmodule ist daher nur exemplarisch. Das erste Armmodul 41 umfasst als Modulbausteine einen Basisbaustein 2, einen darauf aufbauenden Gelenkbaustein 3, einen Armbaustein 6 und einen Gelenkbaustein 4, der mit dem Gelenkbaustein 3 baugleich sein kann. Mittels des Basisbausteins 2 kann der Roboterarm 1 an einem beliebigen Ort fixiert werden.

[0027] Das zweite Armmodul 42 umfasst als Modulbausteine einen Armbaustein 7 und einen Gelenkbaustein 5, die wiederum mit den Bausteinen 6 bzw. 3 und 4 baugleich sein können.

[0028] Das dritte Armmodul 43 ist als ein Werkzeug bzw. Instrument ausgebildet und umfasst einen Instrumentenschaft 9 mit einem daran anschließenden Endeffektor 10.

[0029] Zwischen dem zweiten und dritten Armmodul 42 und 43 ist das Eingabemodul 11 integriert. Die Armmodule 42, 43 und das Eingabemodul 11 sind fest miteinander verbunden und bilden somit eine bauliche Einheit, den Roboterarm 1.

[0030] Das Eingabemodul 11 umfasst einen Grundkörper 12 sowie ein manuell betätigbares Bedienelement 13. Das Bedienelement 13 ist beweglich am Grundkörper 12 angebracht und kann in bis zu sechs Freiheitsgraden betätigt werden. D. h. in einem kartesischen Koordinatensystem kann das Bedienelement 13 entlang den drei Raumachsen gedrückt oder gezogen werden, sowie um die drei Raumachsen gedreht werden.

[0031] Die Gelenkbausteine 3, 4 und 5 weisen vorzugsweise jeweils zwei Gelenkachsen auf, d.h. sie schaffen zwei Rotationsfreiheitsgrade zwischen den durch sie verbundenen Bausteinen.

[0032] Wie oben bereits erwähnt, ist der beschriebene Aufbau des Roboterarms 1 nur exemplarisch. Davon abweichend könnte ein Armmodul 41, 42 und 43 aus zusätzlichen oder weniger Gelenkbausteinen und / oder Armbausteinen aufgebaut werden. Dadurch kann die Armlänge und die Bewegungsfreiheit des Roboterarms angepasst werden.

[0033] Fig. 2 stellt den in Fig. 1 gezeigten Roboterarm 1 in einer schematisierten Explosionszeichnung dar, in der die drei Armmodule 41, 42 und 43 und das Eingabemodul 11 zur graphischen Verdeutlichung der Schnittstellen voneinander losgelöst sind.

[0034] Jedes Armmodul 41, 42 und 43 sowie das Eingabemodul 11 weist zumindest eine Schnittstelle auf, mit der die Module untereinander verbunden werden können. Die Schnittstellen können zwischen erster und zweiter Schnittstelle unterschieden werden, wobei die erste Schnittstelle von einem ersten

Typ, z. B. ein steckerförmiger Typ, und die zweite Schnittstelle von einem zweiten Typ, z. B. ein buchsenförmiger Typ, sein kann. Beide Schnittstellentypen sind komplementär ausgebildet, so dass eine Schnittstelle ersten Typs mit einer Schnittstelle zweiten Typs verbunden werden kann. In einer alternativen Ausbildung können die beiden Schnittstellen aber auch gleichartig ausgebildet sein.

[0035] Das erste Armmodul 41 weist eine Schnittstelle 40 vom ersten Typ auf, die mit einer Schnittstelle 39 vom zweiten Typ des zweiten Armmoduls 42 verbunden werden kann. Das zweite Armmodul 42 weist ferner eine Schnittstelle 38 vom ersten Typ auf, die mit einer Schnittstelle 8 vom zweiten Typ des dritten Armmoduls 43 verbunden werden kann. Somit sind die Armmodule 41, 42 und 43 untereinander verbindbar ausgeführt.

[0036] Das Eingabemodul 11 weist eine Schnittstelle 15 vom zweiten Typ auf. Dadurch kann das Eingabemodul 11 entweder mit der Schnittstelle 40 des ersten Armmoduls 41 oder mit der ersten Schnittstelle 38 des zweiten Armmoduls 42, wie in Fig. 1 gezeigt, verbunden werden. Zudem weist das Eingabemodul 11 eine Schnittstelle 14 vom ersten Typ auf, die mit einer Schnittstelle vom zweiten Typ eines weiteren Armmoduls verbunden werden kann. Somit kann an das Eingabemodul 11 das zweite Armmodul 42 montiert werden, wenn das Eingabemodul 11 am ersten Armmodul 41 befestigt ist bzw. das dritte Armmodul 43, wenn das Eingabemodul 11 am zweiten Armmodul 42 befestigt ist.

[0037] Demnach ist es möglich, das Eingabemodul 11 zwischen das erste und das zweite Armmodul 41 und 42 zu integrieren oder zwischen das zweite und das dritte Armmodul 42 und 43. Außerdem besteht die Möglichkeit, ein zweites Eingabemodul (nicht gezeigt) in den Roboterarm 1 zu integrieren, so dass zwischen allen drei Armmodulen 41, 42, 43 ein Eingabemodul 11 zwischengeschaltet ist.

[0038] Die Modularität des erfindungsgemäßen Roboterarms 1 ermöglicht somit sowohl die Armmodule in beliebiger Weise aufzubauen als auch die Module untereinander in beliebiger Weise miteinander zu kombinieren bzw. zu einem Roboterarm 1 zu verbinden. Entsprechend dem Baukastenprinzip kann somit der Aufbau des Roboters individuellen Anforderungen angepasst werden.

[0039] Zudem wird durch die Modulbauweise die Austauschbarkeit erleichtert. Zur Durchführung eines Instrumentenwechsels kann das dritte Modul 43 einfach ausgetauscht werden. Ebenso genügt bei einem Defekt, nur das betreffende Modul oder den betreffenden Modulbaustein auszuwechseln, anstatt den kompletten Roboterarm 1 ersetzen zu müssen.

[0040] Wie oben erläutert sind die Schnittstellen 8, 14, 15, 38, 39, 40 vorzugsweise komplementär ausgebildet, so dass sie miteinander verbindbar sind. Sollten die ersten und zweiten Schnittstellen jedoch nicht zueinander kompatibel sein, sieht eine Weiterbildung der Erfindung einen Adapter 44 vor, der zwischen die beiden Schnittstellen 15, 38 geschaltet wird, wie in **Fig. 3** gezeigt. Der Adapter 44 weist zwei Schnittstellen auf, wovon eine Schnittstelle mit der ersten Schnittstelle 15 und die andere Schnittstelle mit der zweiten Schnittstelle 38 verbindbar ist. Der Adapter 44 kann auch fester Bestandteil der ersten oder der zweiten Schnittstelle 15, 38 sein. Somit wird dem Benutzer beispielsweise die Möglichkeit gegeben, Module unterschiedlicher Hersteller miteinander zu verbinden.

[0041] **Fig. 4** zeigt das Eingabemodul 11 in einer ersten Ausführungsform. Es umfasst einen flach zylindrischen Grundkörper 12 und ein von dem Grundkörper 12 radial abstehendes Bedienelement 13. Das Bedienelement 13 ist als Kappe ausgebildet, welche vorzugsweise in 6 Freiheitsgraden betätigt werden kann. Zwischen Bedienelement 13 und Grundkörper 12 können beispielsweise mehrere piezoelektrische Sensoren zur Erfassung von Betrag und Richtung einer von einem Benutzer auf das Bedienelement 13 ausgeübten Kraft angeordnet sein, oder es können optische Sensoren zur Erfassung von Ausmaß und Richtung einer Bewegung des Bedienelements 13 relativ zum Grundkörper vorgesehen sein.

[0042] Der zylindrische Grundkörper 12 weist an seinen zwei Stirnseiten jeweils eine Schnittstelle 14, 15 auf, über die er an einer der Schnittstellen 8, 38, 39, 40 eines der Armmodule 41, 42, 43 befestigt werden kann.

[0043] In der Konfiguration der **Fig. 1** ist eine der Schnittstellen 14, 15 mit dem Armmodul 42 über dessen Schnittstelle 38 und die andere mit dem Armmodul 43 über dessen Schnittstelle 8 verbunden. Alternativ besteht die Möglichkeit, das Eingabemodul 11 zwischen die Schnittstellen 39, 40 der Armmodule 41, 42 einzufügen.

[0044] Wenn die Bausteine eines Armmoduls, z.B. die Gelenkbausteine 3, 4 und der Armbaustein 6 des Armmoduls 41, untereinander ebenfalls durch Paare von Schnittstellen des ersten und zweiten Typs verbunden sind, kann das Bedienmodul 11 auch zwischen zwei solche Bausteine eines Armmoduls eingebaut werden.

[0045] Die in **Fig. 4** gezeigte Schnittstelle 14 ist eine Schnittstelle des ersten Typs. Sie umfasst mechanische Verbindungsmittel 14', hier einen flachen, über die Stirnfläche des Grundkörpers 12 vorspringenden Stutzen, der an seiner Umfangsfläche mit einem

Außengewinde versehen ist, und elektrische Kontakte 14". 15 weisen eine mechanische Schnittstelle 14', 15' und / oder eine elektrische Schnittstelle 14", 15" auf. Die in der **Fig. 4** nicht sichtbare Schnittstelle 15 vom zweiten Typ hat eine Oberflächenkontur, die es nur in einer einzigen Orientierung erlaubt, elektrische Kontakte 15" der Schnittstelle 15 mit den Kontakten einer Schnittstelle vom ersten Typ zusammenzuführen, und eine um diese Oberflächenkontur drehbare Überwurfmutter mit einem zum Außengewinde der Schnittstelle 14 komplementären Innengewinde.

[0046] Die elektrischen Kontakte 14", 15" sind über mindestens eine elektrische Leitung 18, 18' miteinander verbunden. Über diese Leitung 18, 18' können Ströme und / oder elektrische Signale von dem Eingabemodul 11 zu einem Armmodul 41, 42, 43 und zurück übertragen sowie von einem Armmodul zum anderen durchgeschleift werden. Die elektrischen Kontakte 14", 15" können als Steck- oder Reibkontakte ausgebildet sein. Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die elektrischen Kontakte 14", 15" in Form einer Schnittstellenplatine 35 realisiert.

[0047] Das Eingabemodul umfasst eine elektronische Auswerteeinheit 17, die mit den oben erwähnten Sensoren des Bedienelements 13 verbunden ist, um deren Signale zu verarbeiten und über die Leitungen 18, 18' an andere Module des Roboterarms 1 weiterzugeben..

[0048] **Fig. 5** und **Fig. 6** zeigen eine alternative Ausgestaltung der Schnittstelle 14. Das Außengewinde des Stutzens ist hier durch eine umlaufende Nut 32 ersetzt, und anstelle der Überwurfmutter ist ein aus zwei miteinander verschraubten Hälften zusammengefügt Verbindungsring 33 vorgesehen. Einwärts gerichtete Rippen 34 des Rings 33 greifen in die Nut 32 und eine entsprechende Nut einer nicht gezeigten zweiten, mit der Schnittstelle 14 zu verbindenden Schnittstelle ein; durch schräge Anlageflächen 16, 16' der Rippen 34 werden die Schnittstellen aneinandergespreßt gehalten.

[0049] Das Eingabemodul 11 ist prinzipiell geeignet, jeden beliebigen Modulbaustein des Roboterarms 1 zu steuern. Welcher Modulbaustein in Reaktion auf eine Eingabe bewegt wird und wie er bewegt wird oder wie viele eventuell gleichzeitig bewegt werden, kann durch Programmierung einer Steuerung 19 festgelegt werden. Die Steuerung 19 kann, wie in **Fig. 2** gezeigt, im Basisbaustein 2 untergebracht sein.

[0050] **Fig. 7** veranschaulicht den Fall, dass die Steuerung 19 programmiert ist, in einem ersten Betriebsmodus am zwischen den Armmodulen 43, 42 montierten Eingabemodul 11 vorgenommene Ein-

gaben in Bewegungen der Armmodule 41, 42 so umzusetzen, dass das Armmodul 43 in Richtung einer auf das Eingabemodul ausgeübten Kraft bewegt wird. Wenn ein Benutzer das Bedienelement 13 entlang einer Bahn 20 aufwärts zieht, führt die Steuerung den Roboterarm 1 entlang dieser Bahn 20, indem sie gleichzeitig Drehungen im Gegenuhrzeigersinn an den Gelenkbausteinen 5 und 3 und eine Drehung im Uhrzeigersinn am Gelenkbaustein 4 steuert. So kann der Endeffektor 10 schnell und effektiv an jeden beliebigen Ort in der Reichweite des Roboterarms positioniert werden. Ein auf das Bedienelement 13 ausgeübtes Drehmoment kann ausgewertet werden, um durch eine Drehung des Gelenkbausteins 5 die Orientierung des Endeffektors 10 im Raum zu steuern (s. **Fig. 8**).

[0051] Anschließend kann die Steuerung 19 in einen zweiten Betriebsmodus umgeschaltet werden, in dem sie anhand der Eingaben am Bedienelement 13 den Endeffektor 10 steuert.

[0052] Im zweiten Betriebsmodus ist im allgemeinen eine erheblich genauere Positionssteuerung erforderlich als im ersten. Es kann daher vorgesehen sein, dass die Steuerung eine gegebene Auslenkung oder Krafteinwirkung am Bedienelement 13 im zweiten Betriebsmodus in einen kleineren Verstellhub oder eine niedrigere Verstellgeschwindigkeit umsetzt als im ersten Betriebsmodus.

[0053] Das Bedienelement 13 kann, wie schon erwähnt, in bis zu sechs Freiheitsgraden betätigt werden. Somit lässt sich für die im dreidimensionalen Raum möglichen sechs Freiheitsgrade ein Ansteuerbefehl generieren. Auf diese Weise könnte ein ebenfalls mit mindestens 6 Freiheitsgraden ausgerüsteter Roboterarm frei im dreidimensionalen Raum geführt werden.

[0054] Das Eingabemodul 11 kann mit Beschleunigungssensoren und / oder einem Inertialmesssystem ausgerüstet sein. Dies ermöglicht, die Beschleunigungen, die aufgrund der durch die Betätigung des Eingabemoduls 11 hervorgerufene Bewegung des Roboterarms 1 auf das Eingabemodul 11 selbst wirken, zu erfassen. Das Sensorsystem kann in dem Eingabemodul 11 integriert werden. Auf diese Weise lässt sich die Bewegung des mit dem Eingabemodul 11 in Verbindung stehenden Roboterarms 1 hinsichtlich seiner Beschleunigung und der davon ableitbaren Größen wie z. B. die Geschwindigkeit kontrollieren und überwachen.

[0055] Gemäß einer zweiten Ausführungsform des Eingabemoduls 11 kann das Eingabemodul 11 mehrere Bedienelemente umfassen. Wie **Fig. 9** zeigt, kann das Eingabemodul 11 ein rechtes Bedienelement 13R und ein linkes Bedienelement 13L aufweisen, die ebenfalls als eine Kappe ausgebildet sein

können. Im Gegensatz zu der Ausführung mit einfachem Bedienelement 13 kann somit die Zugänglichkeit zu dem Bedienelement verbessert werden. Ist das eine Bedienelement schlecht greifbar, kann der Roboter 1 mittels des anderen Bedienelements manuell gesteuert werden.

[0056] Um zu verhindern, dass der Roboterarm 1 auf eine versehentliche Betätigung eines Bedienelements 13L, 13R reagiert, kann das Eingabemodul 11 derart ausgebildet werden, dass zur Generierung eines gültigen Steuersignals stets beide Bedienelemente 13R und 13L gemeinsam betätigt werden müssen. Die jeweiligen Betätigungen am rechten und linken Bedienelement 13R und 13L können durch die im Eingabemodul 11 integrierte Elektronik 17 verglichen und verifiziert werden. Nur bei erfolgreicher Verifizierung wird durch die Elektronik 17 ein Steuersignal generiert.

[0057] Alternativ können die Bedienelemente 13L und 13R als getrennte Bedienelemente verwendet werden, wobei die Bedienelemente zur Durchführung einer Feinpositionierung und einer Grobpositionierung genutzt werden. Dabei wird ein Bedienelement, z. B. Kappe 13R, für die Feinpositionierung und das andere Bedienelement, z. B. Kappe 13L, für die Grobpositionierung bestimmt. Damit kann das von dem Eingabemodul 11 angesteuerte Modul durch die Feinpositionierung langsamer aber genauer und durch die Grobpositionierung weniger genau aber schneller betätigt werden.

[0058] Ferner können sich Grob- und Feinpositionierung nicht nur durch die Geschwindigkeit unterscheiden, sondern auch durch die Steuerstrategie. Somit kann erfindungsgemäß bei der Grobsteuerung eine Geschwindigkeitssteuerung und bei der Feinsteuerung eine Positionssteuerung durchgeführt werden. Um einen Konflikt der Steuerung bei gleichzeitiger Betätigung der Bedienelemente 13R und 13L zu vermeiden, kann die Feinpositionierung gegenüber der Grobpositionierung priorisiert werden.

[0059] Alternativ kann eines der Bedienelemente zur Steuerung von Modulbausteinen, die zwischen dem Eingabemodul 11 und dem Basisbaustein 2 angeordnet sind, entsprechend dem oben erwähnten ersten Betriebsmodus eingesetzt werden, während gleichzeitig das andere Bedienelement für die Steuerung von jenseits des Eingabemoduls 11 angeordneten Modulbausteinen, insbesondere des Armmoduls 43, vorgesehen ist.

[0060] In einer dritten Ausführungsform kann das Bedienelement 13 des Eingabemoduls 11 als ein Steuerring 26 ausgebildet werden, der um den Grundkörper 12 herum angeordnet ist, wie **Fig. 10** zeigt. Die Funktion des Steuerrings 26 ist identisch zu derjenigen einer als Kappe ausgebildeten Bedie-

nelements 13, so dass der Steuerring 26 ebenfalls vorzugsweise manuell in 6 Freiheitsgraden betätigt werden kann. Der Steuerring 26 kann hierfür entsprechend um das Gehäuse 12 gelagert werden. Dies ermöglicht Verstellbewegungen des Steuerings 26 in den 3 Raumkoordinaten x, y und z sowie Drehbewegungen um die 3 Raumkoordinaten x, y und z herum. Beispielfhaft zeigt dies **Fig. 11** in einer schematischen Ansicht, in der ein um den Grundkörper 12 gelagerter Steuerring 26 in x- und y-Richtung ausgelenkt wurde. Analog dazu kann der Steuerring 26 in die übrigen Verstell- bzw. Drehrichtungen betätigt werden. **Fig. 12** zeigt das Eingabemodul 11, eingefügt zwischen die Armmodule 42 und 43; wie das Eingabemodul der **Fig. 1** kann es auch zwischen den Armmodulen 41 und 42 oder zwischen Modulbauteilen eines Armmoduls montiert werden.

[0061] Dem Bedienelement 13 bzw. 13L oder 13R des Eingabemoduls 11 gemäß erster bzw. zweiter Ausführungsform (vgl. **Fig. 4**, **Fig. 9**) kann jeweils ein Drehregler 27 bzw. 27R, 27L zugeordnet sein. Dieser Drehregler 27 bzw. 27R, 27L kann neben dem Bedienelement 13 bzw. 13R, 13L als zusätzliches Bedienelement verwendet werden. Der Drehregler 27 ist koaxial zu einer Drehachse des Bedienelements 13 angeordnet und kann um diese Drehachse gedreht werden. Die Drehbewegung wird sensorisch erfasst. Das Sensorsignal kann von der Elektronik 17 verarbeitet werden. Als Reaktion auf die erfasste Drehbewegung kann ein Ansteuerbefehl zur Steuerung des Roboterarms 1 und / oder des Armmoduls 43 sowie dessen Endeffektors 10 generiert werden.

[0062] Somit kann in einer vorteilhaften Weise sowohl dem Roboterarm 1 als auch einem als Instrument ausgebildeten Armmodul 43 mittels eines einzigen Eingabemoduls je ein separates Bedienelement 13, 27 zugewiesen werden. Beispielsweise kann das Bedienelement 13 allein zur Steuerung der Armmodule 41, 42 und der Drehregler 27 allein zur Steuerung des Armmoduls 43 genutzt werden.

[0063] Durch Verdrehen des Drehreglers 27 in die eine Richtung kann z. B. der Endeffektor 10 geöffnet werden, durch Drehen in die andere Richtung geschlossen werden. Alternativ kann durch das Drehen der Endeffektor 10 entlang seiner Achse axial verstellt werden oder um seine Achse gedreht werden, wie z. B. in **Fig. 12** angedeutet.

[0064] Um eine unbeabsichtigte Betätigung des Eingabemoduls 11 zu verhindern, kann das Eingabemodul mit einem (nicht dargestellten) Schutzschalter in Verbindung stehen. Durch Betätigung des Schutzschalters kann das Eingabemodul aktiviert bzw. freigeschaltet oder deaktiviert werden. Vorteilhafterweise ist der Schutzschalter als ein mit dem Fuß betätigbarer Schalter ausgebildet. Auf diese Weise

kann das Eingabemodul weiterhin leicht von Hand geführt werden, wobei die Steuerbefehle des Eingabemoduls nur dann umgesetzt werden, wenn der Schalter mit dem Fuß betätigt wird. Löst der Benutzer seinen Fuß vom Schalter, wird das Eingabemodul automatisch deaktiviert.

[0065] Ferner kann das Eingabemodul 11 über Mittel zum visuellen Anzeigen des Betriebszustands verfügen. Somit kann dem Benutzer beispielsweise angezeigt werden, ob das Eingabemodul aktiviert oder deaktiviert ist, ob ein Fehler vorliegt, oder welcher Steuermodus (z. B. Fein- oder Grobpositionierung, Steuerung der Armmodule 41, 42 oder des Armmoduls 43) aktiv ist. Neben den genannten Zuständen können weitere hier nicht näher ausgeführte Zustände angezeigt werden. Die visuelle Anzeige wird vorzugsweise durch ein Leuchtmittel realisiert, z. B. farblich unterschiedlich leuchtende LED. Somit kann je nach Zustand eine unterschiedliche Farbe quasi als Farbcodierung angezeigt werden. Die Farbe rot könnte somit einen Fehlerzustand charakterisieren. Die Leuchtmittel können in einem beliebigen Bauteil des Eingabemoduls integriert sein, z. B. im Grundkörper 12 oder in dem Bedienelement 13, 13R, 13L, 26. Eine vorteilhafte Variante der Erfindung sieht vor, das Leuchtmittel in den Drehregler 27 bzw. 27R, 27L zu integrieren. Wird der Drehregler aus einem transparenten Werkstoff gebildet, z. B. PVC, so kann das Leuchtmittel den Drehregler in der jeweiligen Farbe erleuchten.

[0066] Vorteilhafterweise erkennt die Steuerung 19 automatisch, wenn ein Eingabemodul 11 mit dem Roboterarm 1 verbunden wurde. Somit können die von dem Eingabemodul 11 erzeugten Signale von der Steuerung 19 empfangen werden und zur Ansteuerung des Roboterarms 1 genutzt werden. Wird beispielsweise das Bedienelement 13 betätigt, kann ein der Betätigung entsprechendes Signal daraufhin an die Steuerung 19 gesendet werden. Die Steuerung 19 wiederum kann dieses Signal verarbeiten und ein Ansteuersignal generieren, um den Roboterarm 1 entsprechend der Betätigung des Bedienelements 13 zu bewegen.

[0067] Alternativ kann die Elektronik 17 des Eingabemoduls 11 auch derart ausgestaltet sein, dass es direkt den Roboterarm 1 ansteuern kann. D. h. das Eingabemodul 11 generiert aus der erfassten Betätigung am des Bedienelement 13 selbst entsprechende Ansteuersignale.

[0068] Vorteilhafterweise sind die Ansteuersignale der Steuerung 19 und der Elektronik 17 unterschiedlich priorisierbar, damit für den Fall, dass die Steuerung 19 und die Elektronik 17 zugleich ein Ansteuersignal generieren, nur das höher priorisierte Ansteuersignal eine entsprechende Betätigung des Roboterarms 1 bewirkt. Ist z. B. das Ansteuersignal

des Eingabemoduls 11 höher priorisiert, kann es stets das Ansteuersignal der Steuerung 19 überstimmen. Somit würde der Roboterarm 1 immer dem Ansteuersignal des Eingabemoduls 11 folgen, gleichwenn die Steuerung 19 ein anderes Ansteuersignal vorgibt. Alternativ könnte aber auch der Steuerung 19 Vorrang gegenüber dem Eingabemodul 11 eingeräumt werden.

[0069] In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Steuerbarkeit der einzelnen Armmodule 41, 42, 43 abhängig von der Einbauposition des Eingabemoduls 11 im Roboterarm 1, so dass entweder nur die auf Seiten der ersten Schnittstelle 14 des Eingabemoduls 11 oder nur die auf Seiten der zweiten Schnittstelle 15 des Eingabemoduls 11 befindlichen Armmodule betätigt werden können. D. h. es können entweder jene Module betätigt werden, die jenseits der Schnittstelle 14 oder jenseits der gegenüberliegenden Schnittstelle 15 angeordnet sind.

[0070] Somit könnte eine Trennung zwischen einer Betätigung des als Instrument ausgebildeten Armmoduls 43 und der übrigen Armmodule erreicht werden. Entweder wird das als Instrument ausgebildete Armmodul 43 bei einem stillstehenden Roboterarm 1 betätigt oder es werden die im Roboterarm 1 integrierten Armmodule 41 und 42 bei stillstehendem Instrument betätigt. Somit könnte das Instrument an eine bestimmte Position bewegt werden, um an eben dieser Position mit dem Instrument einen Eingriff durchzuführen. Damit zwischen beiden Steuermöglichkeiten hin und her geschaltet werden kann, umfasst das Eingabemodul 11 vorzugsweise einen nicht gezeigten Umschaltknopf.

[0071] Vorteilhafterweise können die Armmodule 41, 42, 43 einzeln aktiviert oder deaktiviert werden. Dadurch lassen sich in Abhängigkeit des jeweils aktiv geschalteten Moduls unterschiedlich Ansteuerstrategien mit dem Eingabemodul 11 realisieren. Um den Roboterarm 1 an eine bestimmte Position zu bewegen, genügt im Vergleich zur Betätigung des Instruments bzw. dessen Endeffektors 10 eine weitaus geringere Positionier-Genauigkeit. Im Gegenzug wäre die Möglichkeit einer schnellen Positionierung des Roboterarms 1 vorteilhaft. Daher kann das Eingabemodul 11, je nachdem welches Modul aktiv ist, entweder eine Feinpositionierung oder eine Grobpositionierung bewirken. D. h. bei identischer Betätigung des Bedienelements 13 werden die Armmodule 41, 42, 43 dennoch unterschiedlich betätigt, so dass sich ein mittels Feinpositionierung angesteuertes Armmodul langsamer aber genauer bewegt und ein mittels Grobpositionierung angesteuertes Armmodul weniger genau aber schneller bewegt. Erfindungsgemäß wird eine Feinsteuerung durchgeführt, wenn das als Instrument ausgebildete Armmodul 43 aktiv ist und eine Grobsteuerung, wenn das Armmodul 43 deaktiviert ist.

[0072] Ferner können sich Grob- und Feinpositionierung nicht nur durch die Geschwindigkeit unterscheiden, sondern auch durch die Steuerstrategie. Somit kann erfindungsgemäß bei der Grobsteuerung eine Geschwindigkeitssteuerung und bei der Feinsteuerung eine Positionssteuerung durchgeführt werden.

[0073] Die Elektronik 17 oder die Steuerung 19 können funktional um eine Modulerkennung erweitert werden, die alle im Roboterarm 1 integrierten Module erkennt. Zu den Armmodulen 41, 42, 43 muss die Steuerung 19 Abmessungen und Bewegungsfreiheitsgrade kennen, um eine Eingabe sachgerecht in eine Bewegung der Armmodule umsetzen zu können. Im Falle der Eingabemodule 11 sollte deren Zahl und auch ihre Position im Roboterarm erfasst werden, um sie bei der Steuerung berücksichtigen zu können. Wie **Fig. 8** zeigt, können nämlich mehrere Eingabemodule 11a, 11b im Roboterarm 1 integriert werden. Wenn auf das Eingabemodul 11b eine Kraft ausgeübt wird, dann muss die Steuerung 19 eine Bewegung des Gelenkbausteins 4 in Richtung dieser Kraft steuern, und die Armmodule 42, 43 können ungesteuert mitbewegt werden. Wirkt hingegen eine Kraft in gleicher Richtung auf das Eingabemodul 11a, dann muss der Gelenkbaustein 5 in Richtung dieser Kraft bewegt werden, was, wie mit Bezug auf **Fig. 7** beschrieben, gleichzeitige Drehungen der Gelenkbausteine 3, 4, 5 beinhalten kann.

[0074] Gemäß einer ersten Steuervariante sind beide Eingabevorrichtungen 11a, 11b gleichberechtigt. D. h. bei gleichzeitiger Betätigung beider Eingabemodule werden die Ansteuerbefehle zugleich ausgeführt. So kann ein Benutzer z.B. indem er gleichzeitig am Bedienelement 13b zieht und das Bedienelement 13a festhält, erreichen, dass der Gelenkbaustein 4 -um ein Hindernis herum- bewegt wird, während gleichzeitig der Gelenkbaustein 5 unbewegt bleibt.

[0075] Gemäß einer weiteren Steuervariante können die einzelnen Eingabemodule 11a, 11b untereinander unterschiedlich priorisiert werden. Die Priorisierung kann durch die Steuerung 19 erfolgen oder automatisch durch die Einbauposition der Eingabemodule vorgegeben sein. Beispielsweise können die Eingabemodule 11a, 11b derart programmiert sein, dass ein dem Armmodul 43 näher gelegenes Eingabemodul gegenüber einem entfernteren Eingabemodul eine höhere Priorität aufweist. Das würde unter Berücksichtigung von **Fig. 8** bedeuten, dass das dem Armmodul 43 näher gelegene Eingabemodul 11a das andere Eingabemodul 11b stets überstimmen würde. Somit kann abermals eine Überlapung der Ansteuerbefehle bei gleichzeitiger Betätigung der Eingabemodule 11a und 11b verhindert werden.

Bezugszeichenliste	
1	Roboterarm
2	Basisbaustein
3	Gelenkbaustein
4	Gelenkbaustein
5	Gelenkbaustein
6	Armbaustein
7	Armbaustein
8	Schnittstelle des dritten Armmoduls
9	Instrumentenschaft
10	Endeffektor
11	Eingabemodul
11a	Eingabemodul
11b	Eingabemodul
12	Grundkörper
13	Bedienelement
13R	Bedienelement
13L	Bedienelement
14	Erste Schnittstelle des Eingabemoduls
14'	Verbindungsmittel
14"	Kontakt
15	Zweite Schnittstelle des Eingabemoduls
15'	Verbindungsmittel
15"	Kontakt
16	Anlagefläche des Verbindungsringes
16'	Anlagefläche des Verbindungsringes
17	Elektronik
18	Elektrische Leitung
18'	Elektrische Leitung
19	Steuerung
20	Bewegungsbahn
26	Steuerring
27	Drehregler
27R	Drehregler
27L	Drehregler
32	Nut
33	Verbindungsring
34	Rippe
35	Schnittstellenplatine

38	Erste Schnittstelle des zweiten Armmoduls
39	Zweite Schnittstelle des zweiten Armmoduls
40	Erste Schnittstelle des ersten Armmoduls
41	Erstes Armmodul
42	Zweites Armmodul
43	Drittes Armmodul
44	Adapter

Patentansprüche

1. Roboterarm (1) mit wenigstens zwei gegeneinander beweglichen Armmodulen (41, 42) und wenigstens einem manuell betätigbaren Eingabemodul (11) zur Generierung von Steuersignalen zur Steuerung des Roboterarms (1) auf Grundlage einer Benutzereingabe, und mehreren Schnittstellen (8, 38, 39, 40), an denen das Eingabemodul (11) wahlweise montierbar ist, darunter jeweils eine erste Schnittstelle (38, 40) des ersten und des zweiten Armmoduls (41, 42), **gekennzeichnet durch** eine Steuereinheit (17, 19), die eingerichtet ist, die Schnittstelle (8, 38, 40), an der das Eingabemodul (11) montiert ist, zu identifizieren und bei der Auswertung eines von dem Eingabemodul (11) gelieferten Steuersignals zu berücksichtigen, indem sie eine Bewegung des Roboterarms (1) so steuert, dass diejenige Schnittstelle (8, 38, 39, 40), an der das Eingabemodul (11) montiert ist, in Richtung einer auf das Eingabemodul (11) ausgeübten Kraft bewegt wird.

2. Roboterarm (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Armmodul (42) eine zweite Schnittstelle (39) aufweist, die mit der ersten Schnittstelle (40) des ersten Armmoduls (41) verbindbar ist.

3. Roboterarm (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zwei Schnittstellen (38, 39) des zweiten Armmoduls (42) in wenigstens einem Freiheitsgrad gegeneinander beweglich sind.

4. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingabemodul (11) zwei Schnittstellen (14), (15) aufweist, von denen eine mit dem ersten Armmodul (41) und die andere mit dem zweiten Armmodul (42) verbindbar ist.

5. Roboterarm (1) nach den Ansprüchen 2 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schnittstelle (38, 40) von einem ersten Typ und die zweite Schnittstelle (39) von einem von dem ersten Typ baulich verschiedenen zweiten Typ sind und

dass von den Schnittstellen (14, 15) des Eingabemoduls (11) die eine vom ersten und die andere vom zweiten Typ ist.

6. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein drittes Armmodul (43), das an die erste Schnittstelle (38) des zweiten Armmoduls (42) montierbar ist.

7. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Armmodul (43) mit einer Schnittstelle (14) des Eingabemoduls (11) verbindbar ist.

8. Roboterarm (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schnittstelle (8) des dritten Armmoduls (43) wahlweise an der ersten Schnittstelle (38) des zweiten Armmoduls (42) oder am Eingabemodul (11) montierbar ist.

9. Roboterarm (1) nach Anspruch 6 oder Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Armmodul (43) als Werkzeug oder Instrument ausgebildet ist.

10. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingabemodul (11) einen Grundkörper (12) aufweist, um den herum sich ein Bedienelement (26) erstreckt.

11. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schnittstellen (14), (15) des Eingabemoduls (11) sich an zwei durch ein Bedienelement (13, 26) voneinander getrennten Stirnseiten des Grundkörpers (12) befinden.

12. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingabemodul (11) zwei Bedienelemente (13, 13R, 13L, 27, 27R, 27L) aufweist, wobei eines der Bedienelemente die Richtung einer Bewegung des Roboterarms (1) und das andere Bedienelement die Geschwindigkeit der Bewegung steuert.

13. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingabemodul (11) zwei Bedienelemente (13, 13R, 13L, 27, 27R, 27L) aufweist, wobei eines der Bedienelemente die Richtung einer Bewegung des Roboterarms (1) mit einer ersten Geschwindigkeit und das andere Bedienelement die Richtung einer Bewegung des Roboterarms (1) mit einer zweiten Geschwindigkeit steuert.

14. Roboterarm (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei gleichzeitiger Betätigung der Bedienelemente (13, 13R, 13L, 27, 27R, 27L)

nur die Steuerbefehle eines Bedienelements (13, 13R, 13L, 27, 27R, 27L) ausgeführt werden.

15. Roboterarm (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingabemodul (11) mit einer Einrichtung zur Erfassung von auf das Eingabemodul (11) wirkenden Beschleunigungen ausgerüstet ist.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

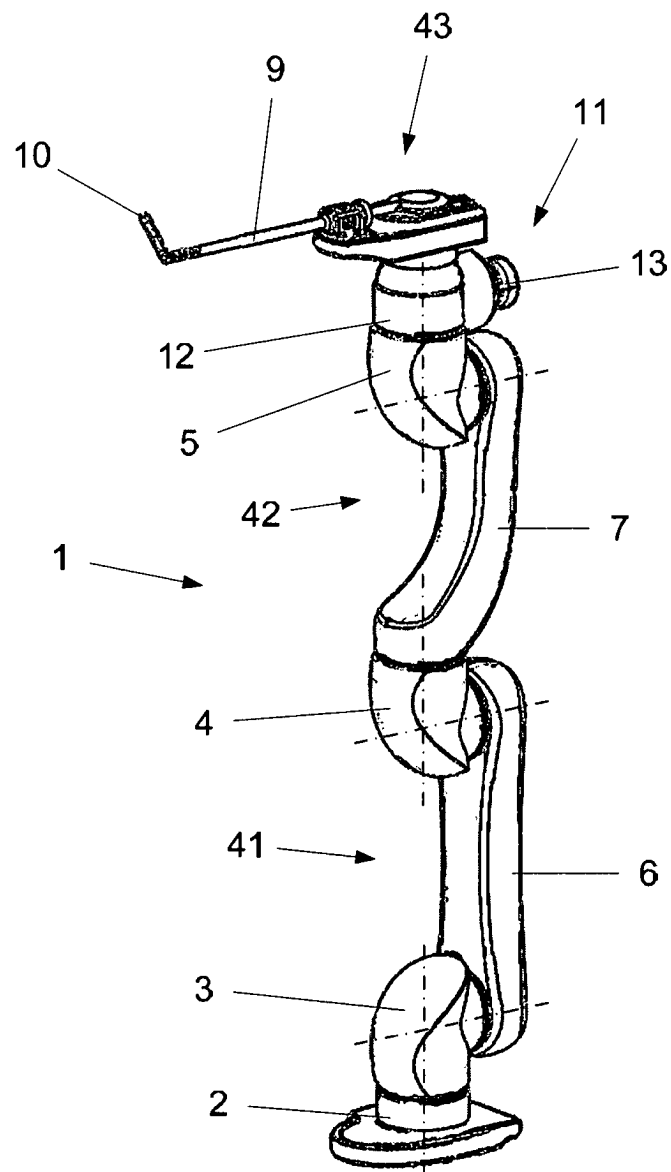


Fig. 1

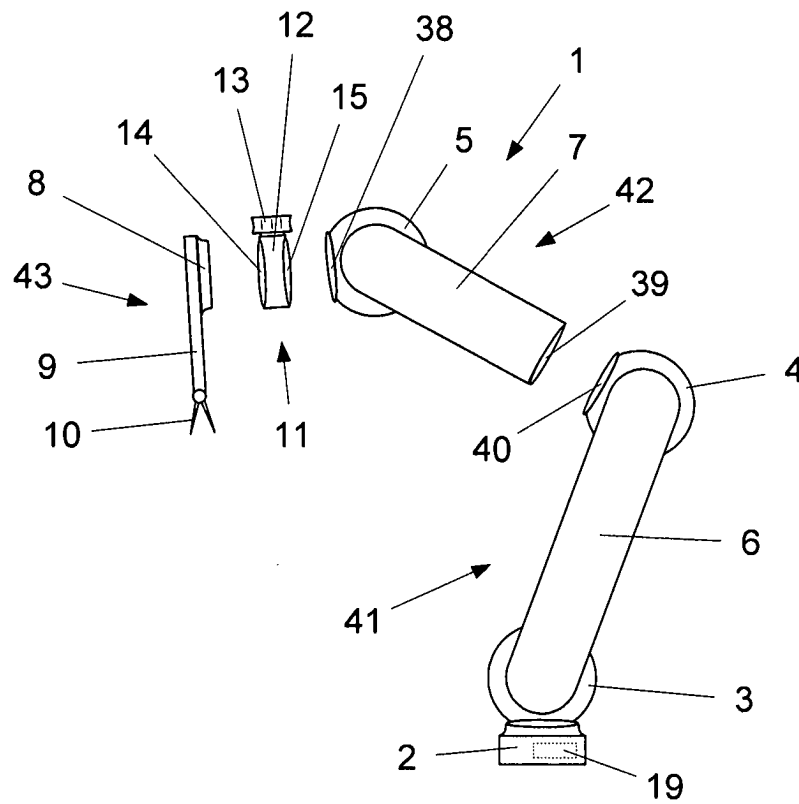


Fig. 2

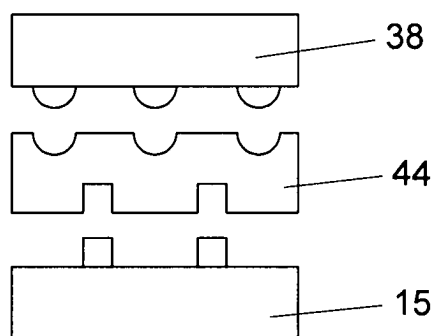


Fig. 3

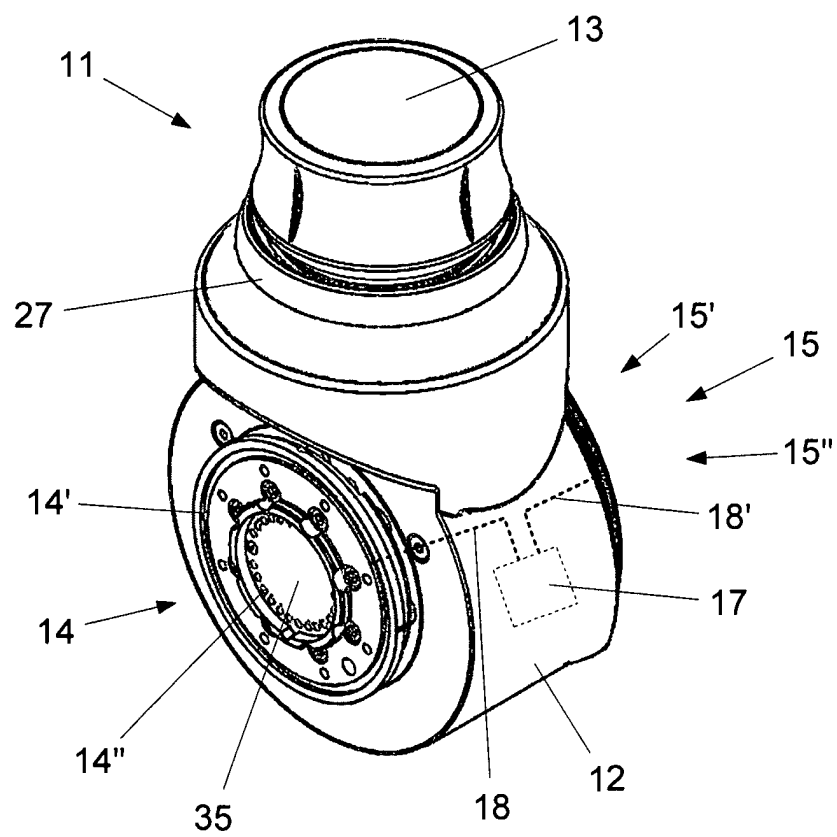


Fig. 4

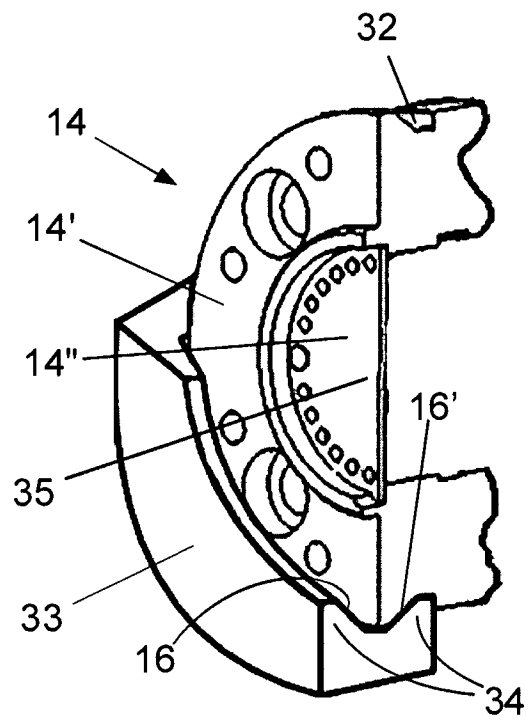


Fig. 5

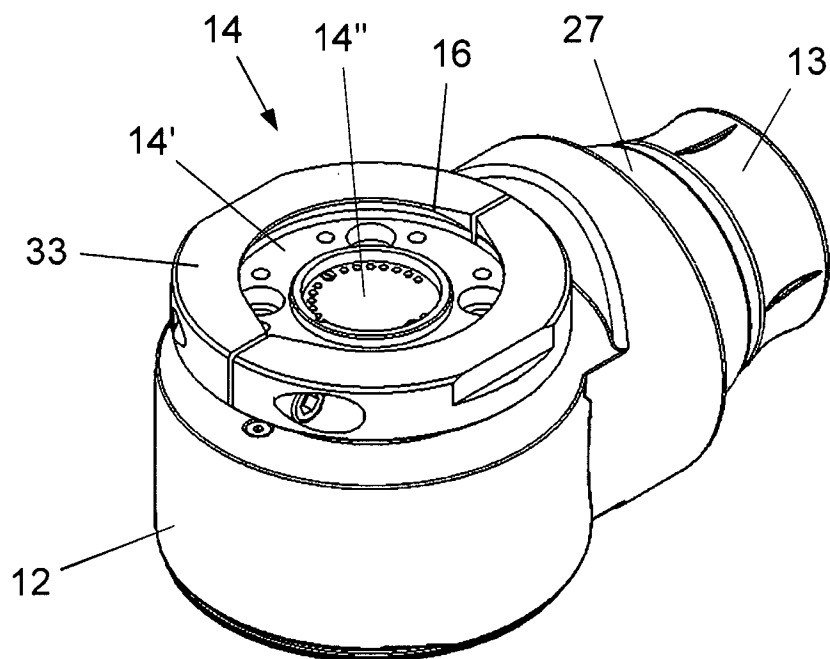


Fig. 6

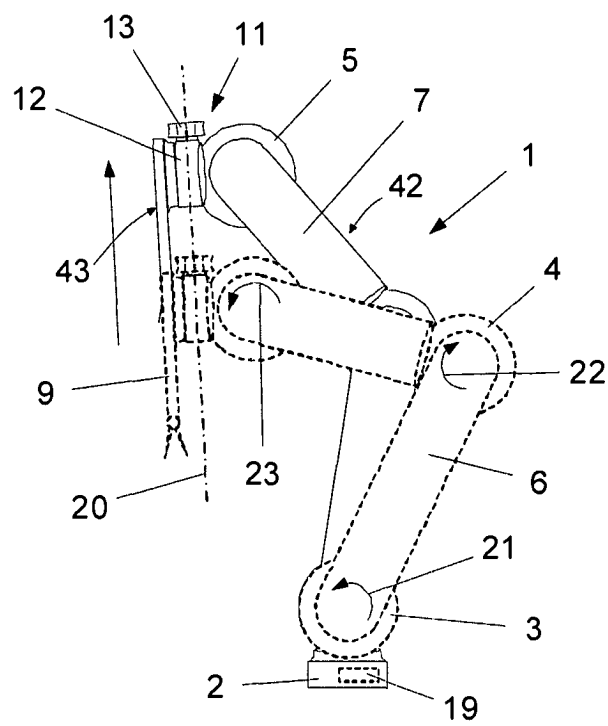


Fig. 7

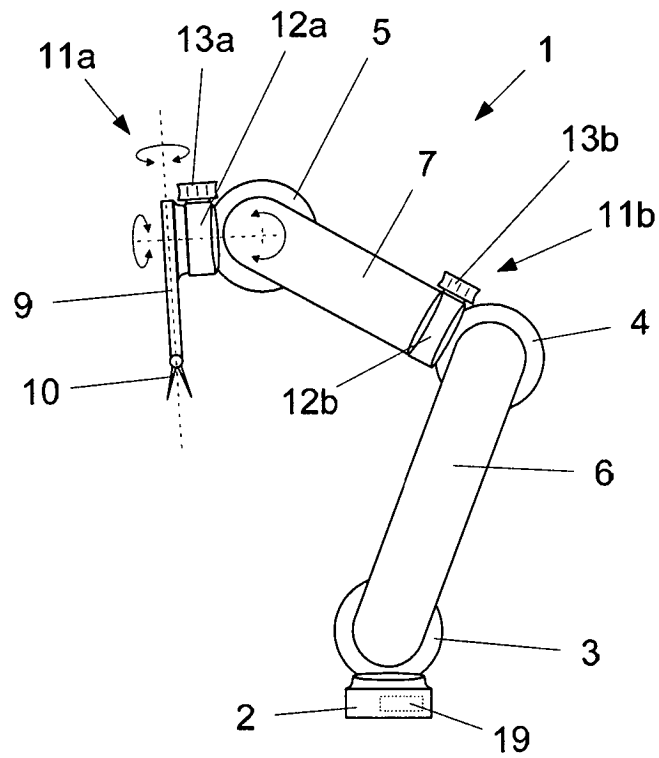


Fig. 8

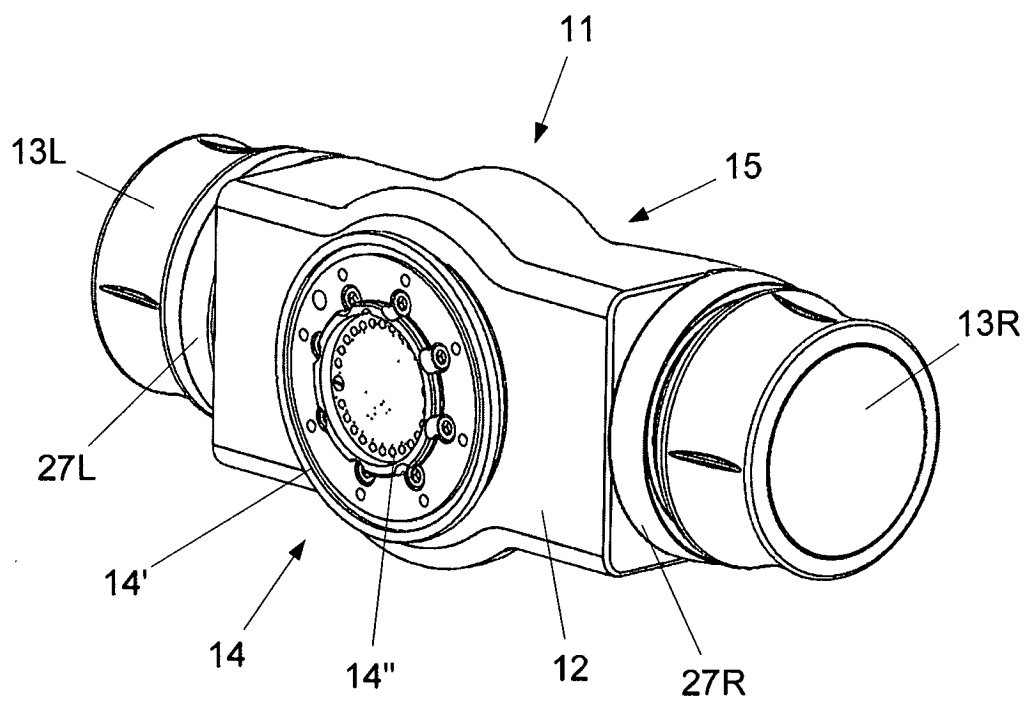


Fig. 9

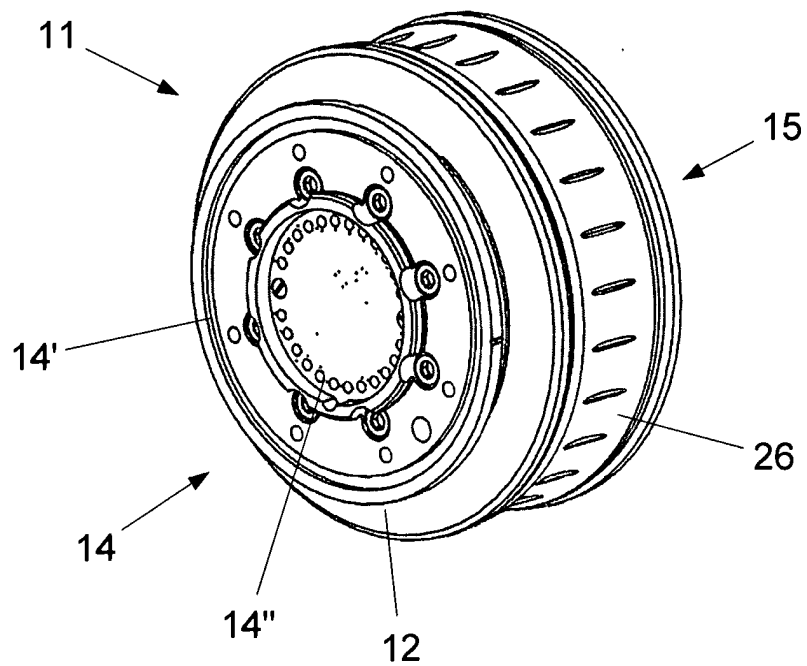


Fig. 10

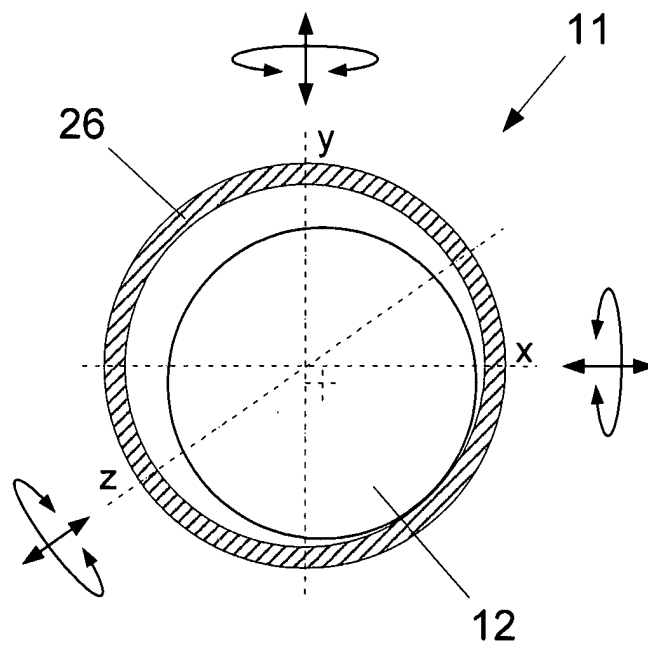


Fig. 11

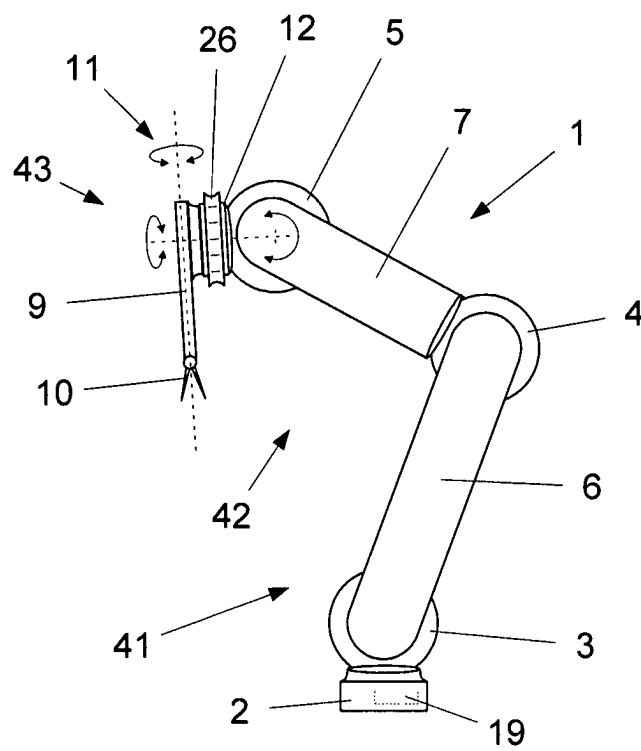


Fig. 12