



(10) **DE 10 2019 129 723 B4** 2021.09.09

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 129 723.0**
(22) Anmeldetag: **05.11.2019**
(43) Offenlegungstag: **20.05.2021**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.09.2021**

(51) Int Cl.: **B23P 21/00 (2006.01)**
B23Q 1/44 (2006.01)
B23Q 17/00 (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:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209
Bremen, DE**

(72) Erfinder:
Krist, Katharina, 27726 Worpswede, DE

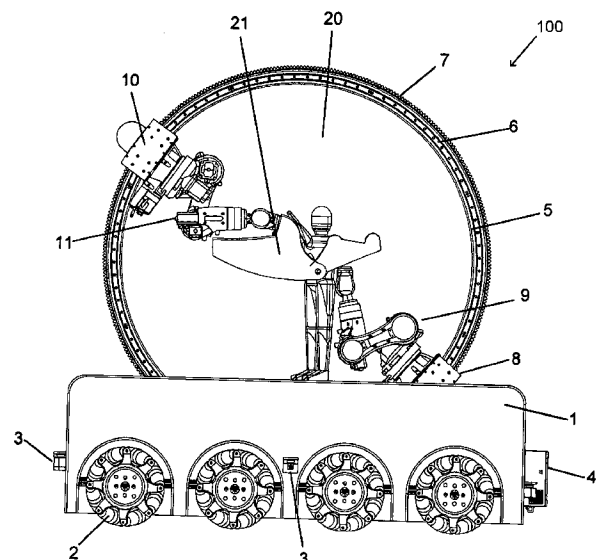
(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	10 2015 120 058	B3
DE	103 37 803	A1
DE	10 2015 212 151	A1
DE	10 2018 105 481	A1
DE	20 2007 004 999	U1
DE	20 2019 102 742	U1

(54) Bezeichnung: **Mensch-Roboter-Montagesystem zur robotergestützten kollaborativen Montage eines großdimensionalen Montageobjekts**

(57) Hauptanspruch: Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystem (100) zur robotergestützten kollaborativen Montage eines großdimensionalen Montageobjekts (21), umfassend

- eine Montageplattform (1)
- mit mindestens einer Gestelleinheit (5), die eine Führungsschiene (6) mit einer offenen oder geschlossenen Bahnkurve vorzugsweise in einer vorzugsweise vertikalen Ebene aufweist,
- mindestens einer Handhabungseinrichtung (9, 11) zur Aufnahme eines Bauteils eines Montageobjekts (21) und
- einer zugehörigen Vorrichtung (8, 10) zum gesteuerten Verfahren der Handhabungseinrichtung (9, 11) auf der Führungsschiene (6), und
- mindestens eine Steuereinrichtung für die Handhabungseinrichtung (9, 11), wobei die Führungsschiene (6) eine offene oder geschlossene Kreisbahn ist und um die Mittelachse der Kreisbahn drehbar ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystem (auch kooperatives Montagesystem genannt) zur robotergestützten kollaborativen Montage, insbesondere Vormontage oder Endmontage, eines großdimensionalen Montageobjekts. Als großdimensional werden solche Montageobjekte verstanden, die aufgrund ihrer geometrischen Abmessungen, Masse und/oder anderer Eigenschaften von einem einzelnen Werker nicht ohne Hilfsmittel gehoben, gehalten und/oder in ihrer Position und/oder Orientierung verändert werden können. Dazu zählen auch solche Montageobjekte, die keine Eigenstabilität aufweisen (z.B. mehrere zueinander frei bewegliche Bauteile innerhalb des Montageobjekts oder biegeschlechte Bauteile) oder diese erst nach Abschluss der Montage erreichen. Bei dem Montageobjekt kann es sich beispielsweise um eine Baugruppe in der Luftfahrtindustrie, wie zum Beispiel Landeklappen oder Tragflächen von Flugzeugen, und beispielsweise in der Automobilindustrie, wie zum Beispiel Stoßstangen oder Motorblöcke, sowie beispielsweise bei der Montage von Hausgeräten (zum Beispiel Kühlschränke oder Waschmaschinen) handeln.

[0002] Am Beispiel der Luftfahrtindustrie soll das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem dargelegt werden:

In der Montage großdimensionaler Baugruppen werden Anforderungen an eine ergonomische Gestaltung von Handhabungsgeräten bislang nicht ausreichend berücksichtigt. Ein Großteil der Flugzeugmontage erfolgt bislang von Hand und ergonomische Handhabungsgeräte werden nur sporadisch eingesetzt. Bestehende Vorrichtungen, die innerhalb der Montage eingesetzt werden, wie zum Beispiel spezielle Hubwagen, mit denen Komponenten für einen Fügevorgang unter der Tragfläche ausgerichtet werden, sind maßgeschneiderte Lösungen unterschiedlicher Unternehmen und dienen nur für einen Anwendungsfall. Ihre Gestaltung ist durch die Erfüllung der technischen Montagefunktion getrieben und berücksichtigt nur unzureichend eine Anpassungsfähigkeit an die ergonomischen Bedürfnisse des Menschen.

[0003] Für Bewegungs- und Haltevorgänge von Bauteilen mit Eigenschaften, wie zum Beispiel einer großen Dimension oder schweren Masse, werden häufig Balancer oder Krantechniken verwendet, die Hebe- und Umsetzvorgänge unter Schwerkraftausgleich durchführen. Diese Vorrichtungen sind häufig stationär zu verwenden und bieten eingeschränkte Montagezugänglichkeit aufgrund der wenigen Freiheitsgrade, die damit realisiert werden können.

[0004] Einige Flugzeughersteller verwenden eine automatisierte Flugzeug-Montage, um die Bauzeit durch den Einsatz von Gelenkrobotern zu verkürzen. Zum Beispiel wird die automatisierte Flugzeug-Montage in der handarbeitsintensiven Herstellung von Tragflächen verwendet. Stationäre Gelenkroboter befestigen Blechelemente aus Aluminiumlegierung automatisch an den Holmen von Tragflächen mit Stringern, um die Festigkeit der Tragflächen zu gewährleisten. Die Montage findet jedoch hinter einem für Menschen abgesperrten Arbeitsbereich statt, so dass der Roboter auf fest programmierten Bahnen und ohne Sensorik verfahren kann. Eine direkte Zusammenarbeit (Kollaboration) mit dem Menschen ist nicht möglich.

[0005] In Bereichen der Fertigungsautomatisierung oder intelligenten Produktionssysteme zeigt der Einsatz von Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)-fähigen Assistenzrobotern im Flugzeugbau einen neuen Trend auf. Assistenzroboter sind Roboter, die Fähigkeiten zur direkten Interaktion und Kollaboration mit dem Menschen besitzen. Für diese Assistenzroboter leitet sich auch der Begriff Kobot bzw. cobot ab, welcher sich aus kollaborierender bzw. kooperierender Roboter zusammensetzt. Diese MRK vereint die Vorteile aus Mensch und Maschine (Roboter). Mit den Fähigkeiten des Menschen, zum Beispiel die Perzeption, die Anpassungsfähigkeit an neue Aufgaben, und des Roboters, zum Beispiel hohe Präzision und Traglasten, wird eine Verbesserung der Ergonomie des Handhabungsprozesses erzielt.

[0006] DE 20 2019 102 742 U1 offenbart ein Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystem mit einer räumlich fest positionierten Führungsschiene als offene Kreisbahn.

[0007] DE 10 2015 212 151 A1 betrifft ein Verfahren zum Positionieren eines Werkstücks, wobei das Verfahren aufweist: Bereitstellen einer das Werkstück haltenden Stützeinrichtung, wobei der Stützeinrichtung zumindest ein Mittel zum Erfassen von auf die Stützeinrichtung wirkenden Kräften zugeordnet ist, Bereitstellen einer Führungseinrichtung, welche einen Manipulator aufweist, und mittels derer das Werkstück in eine bestimmte Position geführt werden soll, Ausüben, mittels der Führungseinrichtung, einer Kraft auf die Stützeinrichtung und/oder auf das Werkstück, Erfassen der auf die Stützeinrichtung wirkenden Kraft, und in Reaktion auf das Erfassen: Bewegen des Werkstücks mittels der Stützeinrichtung, wobei die Stützeinrichtung und die Führungseinrichtung Transportmittel zum unabhängigen horizontalen Bewegen der Stützeinrichtung bzw. Führungseinrichtung umfassen.

[0008] DE 20 2007 004 999 U1 betrifft eine Positioniereinrichtung für Aufbauten, insbesondere Werkzeuge, wobei die Positioniereinrichtung mehrachsiger

verstellbar ist und mindestens zwei Arme aufweist, die untereinander und mit einem Sockel sowie einem Kopfteil gelenkig und arretierbar verbunden sind und die Positioniereinrichtung für eine maschinelle Verstellung, z. B. mittels eines oder mehrerer Manipulatoren oder auch Roboter, ausgebildet ist.

[0009] DE 10 2018 105 481 A1 offenbart eine Montageeinrichtung und ein Montageverfahren zur Montage von Bauteilen von Getrieben oder dergleichen. Die Montageeinrichtung weist mehrere Bauteilaufnahmen, mindestens einen bevorzugt taktilen Prozessroboter zur Handhabung der Bauteile und mindestens eine Presseinrichtung zum Verpressen der Bauteile auf. Die Montageeinrichtung weist ferner ein Gestell mit einem bevorzugt beweglichen und mit mehreren Bauteilaufnahmen ausgerüsteten Träger auf. Die Presseinrichtung ist beweglich angeordnet und mit einer steuerbaren Bewegungseinrichtung verbunden.

[0010] DE 10 2015 120 058 B3 betrifft eine Ankoppeleinrichtung und ein Verfahren zum Ankoppeln einer mobilen Prozesseinrichtung mit einem programmierbaren Industrieroboter und einer Transportvorrichtung an einem Arbeitsplatz einer Prozessstation. Die Ankoppeleinrichtung weist eine Klemmeinrichtung mit einer Klemmbacke und einem Spannmittel auf, wobei die Klemmeinrichtung eine die Prozesseinrichtung am Arbeitsplatz fixierende Klemmverbindung zwischen der Klemmbacke und einer Tischplatte bildet.

[0011] DE 103 37 803 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Behandeln der Oberfläche von Werkstücken, insbesondere Fahrzeugkarosserien, umfassend ein ständerartiges Portal. Das Portal besitzt eine Durchgangsöffnung, in welche ein Werkstück einführbar ist. An dem Portal ist mindestens eine Führungsschiene befestigt, die bogen- oder ringförmig um das Werkstück geführt ist. Entlang der Führungsschiene ist mindestens ein Schlitten, vorzugsweise motorisch verfahrbar, der einen Haltearm für das Werkzeug trägt. Letzterer ist so ausgebildet, dass das Werkzeug in Richtung auf das Werkstück verstellt und in unterschiedliche Winkellagen gegenüber der Oberfläche des Werkstücks gebracht werden kann. Zusätzlich ist eine Einrichtung vorgesehen, mit welcher eine Relativbewegung zwischen Werkstück und Werkzeug in Achsrichtung der Durchgangsöffnung herbeigeführt werden kann.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Montagesystem für eine Mensch-Roboter-Kollaboration/Kooperation bereitzustellen, die neben einer Verbesserung von Montageabläufen auch eine Verbesserung der Ergonomie in der Montage von großdimensionalen Montageobjekten (Baugruppen (Großbaugruppen)) beispielsweise in der Luftfahrtindustrie ermöglicht.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystem zur robotergestützten kollaborativen Montage eines großdimensionalen Montageobjekts gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0014] In einer besonderen Ausführungsform umfasst das Montagesystem ferner eine Messeinrichtung zur dynamischen Bestimmung der Position der Verfahreinrichtung und/oder der Pose der zugehörigen Handhabungseinrichtung.

[0015] Die hierdurch gewonnenen Daten können in der/den Steuereinrichtung/en der Handhabungseinrichtung verwendet werden, um die Position und Orientierung des Montageobjekts im Arbeitsraum des Menschen zu überwachen und eine Regelung der Bewegung der Verfahreinrichtung und/oder Handhabungseinrichtung zu ermöglichen. In einer weiteren besonderen Ausführungsform können zusätzliche Sensordaten, die die Körperhaltung des Menschen beschreiben, (z.B. durch ein bildauswertendes Verfahren) genutzt werden, um die Position und Orientierung des Montageobjekts so zu verändern, dass der Mensch in eine für ihn ergonomisch günstige Körperhaltung geführt wird.

[0016] Die Führungsschiene ist eine offene oder geschlossene Kreisbahn. Beispielsweise kann es sich um eine sich lediglich über zum Beispiel 90°, 180° oder 270° erstreckende Kreisbahn handeln.

[0017] Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Montagesystem eine Kraftmaschine (bspw. einen Elektromotor oder einen Seilzug) zum Verfahren der Verfahreinrichtung(en) entlang der Führungsschiene aufweist. Die Kraftmaschine kann dabei z. B. der jeweiligen Verfahreinrichtung einzeln zugeordnet sein. Die Kraftmaschine kann z. B. direkt auf der Verfahreinrichtung montiert sein oder z. B. an der Gestelleinheit oder der Montageplattform befestigt sein und die Verfahreinheit über ein Zugmittel (z.B. Seilzug, Zahnriemen) antreiben.

[0018] Zweckmäßigerweise ist die Handhabungseinrichtung mehrgelenkig.

[0019] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass die Handhabungseinrichtung passiv ist. Beispielsweise kann sie Profile mit (z. B. arretierbaren) Gelenken umfassen.

[0020] Es ist auch denkbar, dass die Handhabungseinrichtung aktiv ist. Beispielsweise kann es sich bei um einen Knickarmroboter handeln.

[0021] Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Montagesystem mehrere Handhabungseinrichtungen.

gen, wobei davon mindestens eine aktiv und mindestens eine passiv ist. Unter anderem können auch alle Handhabungseinrichtungen aktiv oder passiv sein.

[0022] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass das Montagesystem je eine Steuereinrichtung für die aktive(n) Handhabungseinrichtung(en) umfasst.

[0023] Zweckmäßigerweise ist die Montageplattform verfahrbar.

[0024] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass die Montageplattform omnidirektional verfahrbare Räder aufweist.

[0025] Schließlich kann gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, dass das Montagesystem ferner eine Laser-Scaneinrichtung zur Erfassung von Objekten und Hindernissen zu Vermeidung von Kollisionen umfasst.

[0026] Der vorliegenden Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass mittels des Montagesystems zumindest in einer besonderen Ausführungsform ergonomische Montagepositionen z.B. bei der Vormontage oder Endmontage für einen jeweiligen Werker erzeugt werden können. Dadurch können die Arbeitsbedingungen verbessert werden. Insbesondere kann eine auf den jeweiligen Werker und für den jeweiligen Montageschritt individuelle Montageposition erzeugt werden. Dies wird dadurch erreicht, dass sich ein Montageobjekt zu einem Werker beziehungsweise Werkzeug rotieren, verschieben und/oder ausrichten lässt. Die Ausrichtung des Montageobjekts kann über eine variable Positionierung einer jeweiligen Handhabungseinrichtung zum Beispiel in Folge einer Gelenkbewegung der Handhabungseinrichtung und/oder ein Verfahren entlang der Führungsschiene erfolgen. Infolge der kinematischen Redundanz des Systems (Bewegung der Handhabungseinrichtung **9**, **11** kompensiert die Bewegung der Verfahreinheit) können die Handhabungseinrichtungen so im Montageraum arrangiert werden, dass für den Werker eine möglichst gute Zugänglichkeit zum Montageobjekt geschaffen wird. Die relative Position der Handhabungseinrichtung **9**, **11** zum Montageobjekt kann verändert werden, ohne dass die Position und Orientierung des Montageobjekts im Raum verändert werden.

[0027] Zumindest in einer besonderen Ausführungsform wird eine maximal variable Werkstückausrichtung über alle Schritte des Montageprozesses erreicht. Während die kollaborativen Handhabungseinrichtungen die Komponenten des Montageobjekts in einer gewünschten Pose bereitstellen, kann ein Werker über vielseitige Zugänglichkeiten weitere Montagevorgänge ausführen.

[0028] Zumindest in einer besonderen Ausführungsform wird eine ergonomische Höhenverstellung für unterschiedliche Werker und/oder eine körperliche und kognitive Entlastung der Werker und/oder eine Steigerung der Zugänglichkeiten durch wechselnde Freiräume für eine barrierefreie Montage und/oder individuelle Positionierbarkeit des Montageobjekts durch ausweichende Bewegungen von Mehrgelenkrobotern und/oder eine Unterstützung bei Montagetätigkeiten durch Anreich-Bewegungen von beispielsweise Mehrgelenk-Robotern erreicht.

[0029] Die durch die Erfindung zumindest in einer besonderen Ausführungsform gegebene Möglichkeit, das Montageobjekt frei im Raum zu orientieren und zu positionieren, reduziert dauerhafte Haltingsbelastungen während der Montage, da beispielsweise Überkopfarbeiten oder Tätigkeiten in gebeugter bzw. gebückter Körperhaltung vermieden werden.

[0030] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der schematischen Zeichnungen, in denen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystems gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 2 eine weitere Seitenansicht des Montagesystems von **Fig. 1** aus Sicht von rechts in **Fig. 1** zeigt;

Fig. 3 eine Antriebseinrichtung für die Gestelleinheit des Montagesystems von **Fig. 1** zeigt;

Fig. 4 eine Lager- und Führungseinrichtung für die Gestelleinheit des Montagesystems von **Fig. 1** zeigt;

Fig. 5 eine Verfahreinrichtung für die Gestelleinheit des Montagesystems von **Fig. 1** zeigt;

Fig. 6 eine Seitenansicht wie **Fig. 1** von dem Montagesystem mit anders positionierten Handhabungseinrichtungen zeigt;

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht des Montagesystems von **Fig. 6** zeigt;

Fig. 8 eine Seitenansicht wie **Fig. 1** von dem Montagesystem mit wiederum anders positionierten Handhabungseinrichtungen und mehreren Werkern zeigt;

Fig. 9 eine Seitenansicht eines Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystems gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt; und

Fig. 10 unterschiedliche beispielhafte Gestaltungen einer Gestelleinheit eines Montagesystems

gemäß besonderen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und auch gemäß Ausführungsformen, die nicht zur Erfindung gehören, zeigt.

[0031] Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht eines Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystems **100** zur robotergestützten kollaborativen Montage, insbesondere Vormontage oder Endmontage, eines großdimensionalen Montageobjekts. Das Montagesystem **100** umfasst eine Montageplattform **1**, auf der eine kreisrunde, sich in diesem Beispiel in einer vertikalen Ebene erstreckende Gestelleinheit **5** gelagert ist. Die Gestelleinheit **5** weist eine Führungsschiene **6** auf, die eine geschlossene Kreisbahn bildet. In diesem Beispiel verläuft die geschlossene Kreisbahn in einer vertikalen Ebene. Die Führungsschiene **6** ist in diesem Beispiel als eine Profilschienenführung auf beiden Schmalseiten der kreisrunden Gestelleinheit **5** ausgebildet.

[0032] Auf der Führungsschiene **6** aus den beiden Profilschienen sind in diesem Beispiel zwei Schlittenwagen **8** und **10** (als Verfahreinrichtungen) angeordnet und mittels einer jeweiligen Antriebseinrichtung um 360° um den Mittelpunkt der Kreisbahn verfahrbar. Die Antriebseinrichtung weist in diesem Beispiel zwei gebogene Zahnstangen **7** auf der äußeren Umfangsseite der Gestelleinheit **5** auf. Die gebogenen Zahnstangen **7** erstrecken sich in Umfangsrichtung über 360° und sind zueinander beabstandet (s. Fig. 5). Alternativ zu den gebogenen Zahnstangen **7** könnten zum Beispiel Zahnriemen vorgesehen sein.

[0033] Die Schlittenwagen **8** und **10** werden mittels eines zum Montagesystem **100** gehörigen jeweiligen Elektromotors **19** und eines jeweiligen davon angetriebenen Ritzels **17** über die Zahnstange(n) **7** in Bewegung versetzt, so dass sie entlang der Führungsschiene **6** um die Gestelleinheit **5** fahren können.

[0034] Auf jedem der Schlittenwagen **8** und **10** ist ein jeweilige Handhabungseinrichtung **9** bzw. **11** zur Innenseite der Kreisbahn hin angeordnet. Die Handhabungseinrichtungen **9** und **11** agieren vorteilhafter Weise miteinander synchron.

[0035] Die Montageplattform **1** ist verfahrbar gestaltet und bietet somit zusätzliche Bewegungsfreiheiten während der Montage und des Transports zwischen Arbeitsstationen. Im vorliegenden Beispiel wird die Verfahrbarkeit durch omnidirektional verfahrbare Räder **2** erreicht. Die omnidirektional verfahrbaren Räder **2** lassen die Montageplattform **1** translatorisch und rotatorisch auf engem Raum verfahren.

[0036] Für einen umgebungsunabhängigen Einsatz sind Hochleistungs-Akkus **4** vorgesehen (siehe auch Fig. 2), die eine autarke Energieversorgung gewährleisten.

[0037] Die Montageplattform **1** sollte vorzugsweise für schwere Lasten ausgelegt sein und/oder das Steuern und Manövrieren sowohl im vollautomatischen als auch im manuellen Betrieb ermöglichen.

[0038] Ein variables Ausrichten eines Montageobjekts kann über eine Positionierung der jeweiligen Handhabungseinrichtungen **9** und **11** infolge beispielsweise einer Gelenkbewegung und/oder einer entsprechenden Verfahrbewegung entlang der Kreisbahn mit den Schlittenwagen **8** und **10** erfolgen.

[0039] Zudem kann die Gestelleinheit **5** selbst in eine Rotation versetzt werden, wodurch eine separate Verfahrbewegung der Handhabungseinrichtungen **9** und **11** nicht erforderlich wird. Damit wird die Zugänglichkeit zum Montageobjekt angepasst. Die freie Positionierung und Orientierung durch das Drehen und Wenden des Montageobjekts schafft eine ergonomische Arbeitshaltung für unterschiedliche Montageoperationen. Damit das Montageobjekt während der Drehung für den Werker zentrisch in der Gestelleinheit **5** angeordnet bleibt, ist die Gestelleinheit **5** in einer besonderen Ausführungsform zu einem Teil in der Montageplattform **1** eingelassen (siehe Fig. 7). Dafür ist in der Montageplattform **1** eine Aussparung **15** vorgesehen, welche eine ausreichende Breite und Tiefe zum Eintauchen der Schlittenwagen **8**, **10** inklusive Elektromotoren **19** vorweist (siehe Fig. 7).

[0040] Zum Drehen der Gestelleinheit **5** weist das Montagesystem **100** in der Montageplattform **1** integrierte Antriebsritzeln **12** (siehe Fig. 3) auf. Diese werden über eine jeweilige Antriebswelle **13** angetrieben. Für eine ausreichende Stabilität des dynamischen Systems wird die Gestelleinheit **5** über in der Aussparung **15** seitlich angebrachte Führungswagen **14** gelagert (siehe Fig. 4).

[0041] Das Montagesystem **100** weist auch eine Steuereinrichtung (nicht gezeigt) insbesondere für die Steuerung der Handhabungseinrichtungen **9** und **11**, aber auch für die übrigen ansteuerbaren Komponenten auf. Vorteilhafterweise werden die Handhabungseinrichtungen **9** und **11** sowie die zugehörigen Elektromotoren **19** so angesteuert, dass die Zugänglichkeiten zum Montageobjekt durch wechselnde Freiräume des Montageraums **20** (siehe Fig. 6) verbessert werden. Dazu werden die Handhabungseinrichtungen **9** und **11** im Montageraum **20** vorteilhafterweise so arrangiert, dass eine gute Erreichbarkeit für einen Werker geschaffen wird, ohne das Montageobjekt in seiner Position verändern zu müssen (vergleiche Fig. 1). Folglich kann die optimal eingestellte Arbeitshöhe erhalten bleiben, da das Montageobjekt einer Bewegung oder Neigung der Handhabungseinrichtungen **9** und **11** nachgibt, indem diese beim Verfahren mittels der Schlittenwagen **8** und **10** gleichzeitig eine Gegenbewegung über zum Beispiel die eigenen Gelenke ausführen. Diese kinematische

Redundanz ermöglicht eine Anpassung des Montagesystems an die Bedürfnisse eines Werkers, wohingegen sich der Werker bei anderen Montagevorrichtungen häufig den Gegebenheiten des Systems anpassen muss.

[0042] Darüber hinaus wird das Arbeiten mehrerer Werker in einem Arbeitsraum gefördert, da eine Anpassung des Montage-raums **20** gewährt wird, ohne das Montageobjekt aus seiner Position zu befördern (siehe **Fig. 8**).

[0043] **Fig. 9** zeigt eine Seitenansicht eines Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystems **100** zur robotergestützten kollaborativen Montage gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Montagesystem unterscheidet sich von dem Montagesystem **100** im Wesentlichen darin, dass die Gestelleinheit **5** und die Führungsschiene **6** eine andere Geometrie aufweisen, das heißt, keine Kreisbahngestalt aufweisen. Vielmehr ist die Bahn in eine Richtung (rechts wie **Fig. 9**) geöffnet. Dies kann selbstverständlich vom Montageobjekt abhängig sein. Diese Anpassung des Montage-raums **20** hat den Vorteil, dass sperrige Montageobjekte einer Werkstückaufnahme leichter zugeführt werden können.

[0044] Weitere Varianten der Geometrie der Gestelleinheit sind beispielhaft in der **Fig. 10** dargestellt. In den beiden links dargestellten Varianten liegen die Gestelleinheit und die Führungsschiene in Form einer halben bzw. Dreiviertelkreisbahn vor, während in den beiden rechts dargestellten Varianten, die nicht zur Erfindung gehören, die Gestelleinheit **5** und die Führungsschiene aus drei im rechten Winkel zueinander angeordneten linearen Bahnabschnitten bzw. zwei nicht miteinander verbundenen vertikalen linearen Bahnabschnitten bestehen.

[0045] Zumindest in einer besonderen Ausführungsform berücksichtigt das Konzept großdimensionale Montageobjekte, die bislang zum Großteil in der manuellen Montage gefertigt werden.

[0046] Da sich bei dem Montagesystem der Mensch und Roboter den Arbeitsraum teilen, sind Sicherheitsvorkehrungen sinnvoll. Um einen ungewollten Kontakt zwischen Roboter und Mensch möglichst schnell zu erfassen und eine Ausweichbewegung einleiten zu können, ist eine kollaborative Robotik sinnvoll, da bei dieser die speziellen Sicherheitsauflagen zur kollaborativen Zusammenarbeit mit dem Menschen vorausgesetzt sind. Über geeignete Sensorik, zum Beispiel eine Lichtschranke, wäre eine Ausweichbewegung der Roboterarme beim Griff in den Arbeitsraum des Werkers gewährleistet.

[0047] Eine Bedienung des Montagesystems **100** kann sowohl über beispielsweise fingerdruckbasierte

Bedienelemente (z.B. elektromechanische Drucktaster, berührungsempfindliches Display) und/oder beispielsweise Sprachsteuerung und/oder beispielsweise Gestensteuerung erfolgen.

[0048] Bei großen Bauteilen können oft mehr als eine Gestelleinheit, zum Beispiel hinter- und/oder nebeneinander, auf der Plattform **1** vorgesehen sein. Auch der synchronisierte Einsatz mehrerer Montagesysteme **100**, die gemeinsam ein Montageobjekt aufnehmen, ist bei großdimensionalen Montageobjekten zweckmäßig.

[0049] Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

1	Montageplattform
2	Räder
3	Sicherheits-Laserscanner
4	Hochleistungs-Akkus
5	Gestelleinheit
6	Führungsschiene
7	Zahnstangen
8, 10	Schlittenwagen
9, 11	Handhabungseinrichtungen
12	Antriebsritzel
13	Antriebswelle
14, 16	Führungswagen
15	Aussparung
17	Ritzel
18	Ritzelabdeckung
19	Elektromotoren
20	Montageraum
21	Montageobjekt
100	Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystem

Patentansprüche

1. Mensch-Roboter-Kollaborations-Montagesystem (100) zur robotergestützten kollaborativen Montage eines großdimensionalen Montageobjekts (21), umfassend
 - eine Montageplattform (1)

- mit mindestens einer Gestelleinheit (5), die eine Führungsschiene (6) mit einer offenen oder geschlossenen Bahnkurve vorzugsweise in einer vorzugsweise vertikalen Ebene aufweist,
- mindestens einer Handhabungseinrichtung (9, 11) zur Aufnahme eines Bauteils eines Montageobjekts (21) und
- einer zugehörigen Verfahreinrichtung (8, 10) zum gesteuerten Verfahren der Handhabungseinrichtung (9, 11) auf der Führungsschiene (6), und
- mindestens eine Steuereinrichtung für die Handhabungseinrichtung (9, 11), wobei die Führungsschiene (6) eine offene oder geschlossene Kreisbahn ist und um die Mittelachse der Kreisbahn drehbar ist.

ser-Scaneinrichtung zur Erfassung von Objekten und Hindernissen zur Vermeidung von Kollisionen.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

2. Montagesystem (100) nach Anspruch 1, ferner umfassend eine Messeinrichtung zur dynamischen Bestimmung der Position der Verfahreinrichtung (8, 10) und/oder der Pose der zugehörigen Handhabungseinrichtung (9, 11).

3. Montagesystem (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend eine Kraftmaschine (19) zum Verfahren der Verfahreinheit (8, 10) entlang der Führungsschiene (6).

4. Montagesystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, umfassend eine manuell angetriebene Kraftübertragungseinrichtung zum Verfahren der Verfahreinheit (8, 10) auf der Führungsschiene (6).

5. Montagesystem (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Handhabungseinrichtung (9,11) mehrgelenkig ist.

6. Montagesystem (100) nach Anspruch 5, wobei die Handhabungseinrichtung (9, 11) passiv ist.

7. Montagesystem (100) nach Anspruch 5, wobei die Handhabungseinrichtung (9, 11) aktiv ist.

8. Montagesystem (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, umfassend mehrere Handhabungseinrichtungen (9, 11), wobei davon mindestens eine aktiv und/oder mindestens eine passiv ist.

9. Montagesystem (100) nach Anspruch 8, umfassend je eine Steuereinrichtung für die aktive(n) Handhabungseinrichtung(en) (9, 11).

10. Montagesystem (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Montageplattform (1) verfahrbar ist.

11. Montagesystem (100) nach Anspruch 10, wobei die Montageplattform (1) omnidirektional verfahrbare Räder (2) aufweist.

12. Montagesystem (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend eine La-

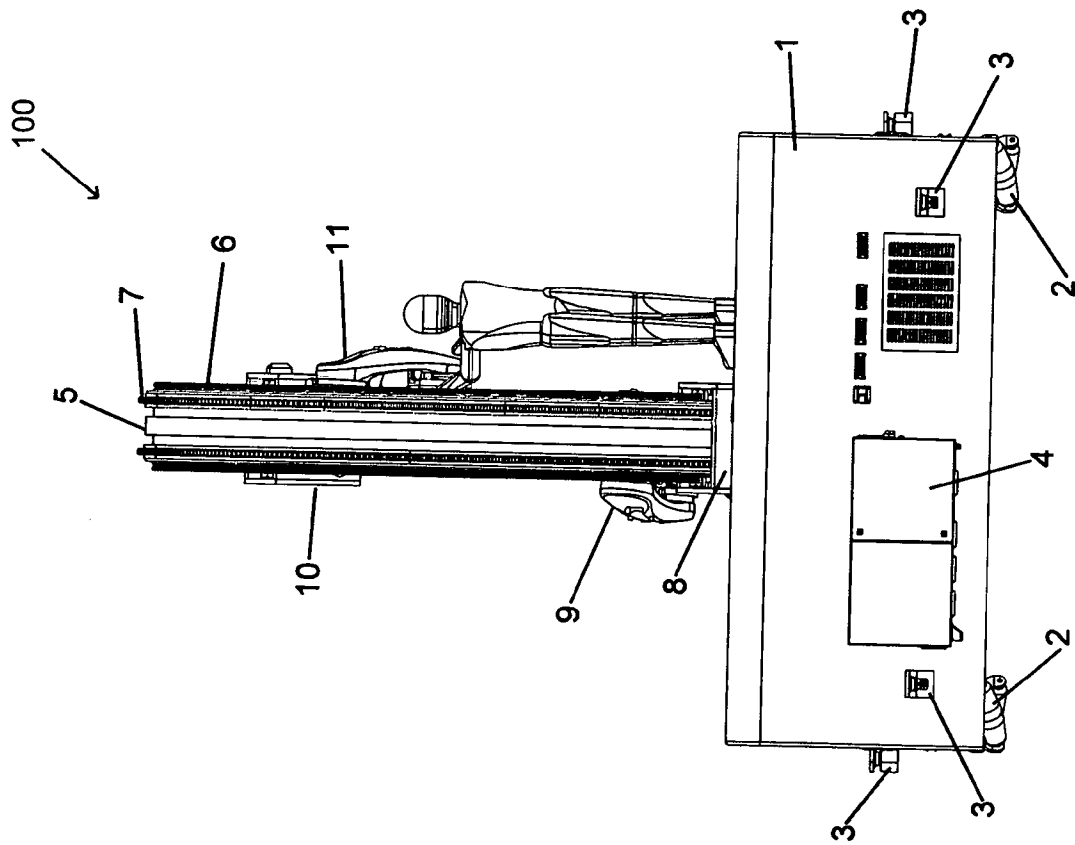


FIG.2

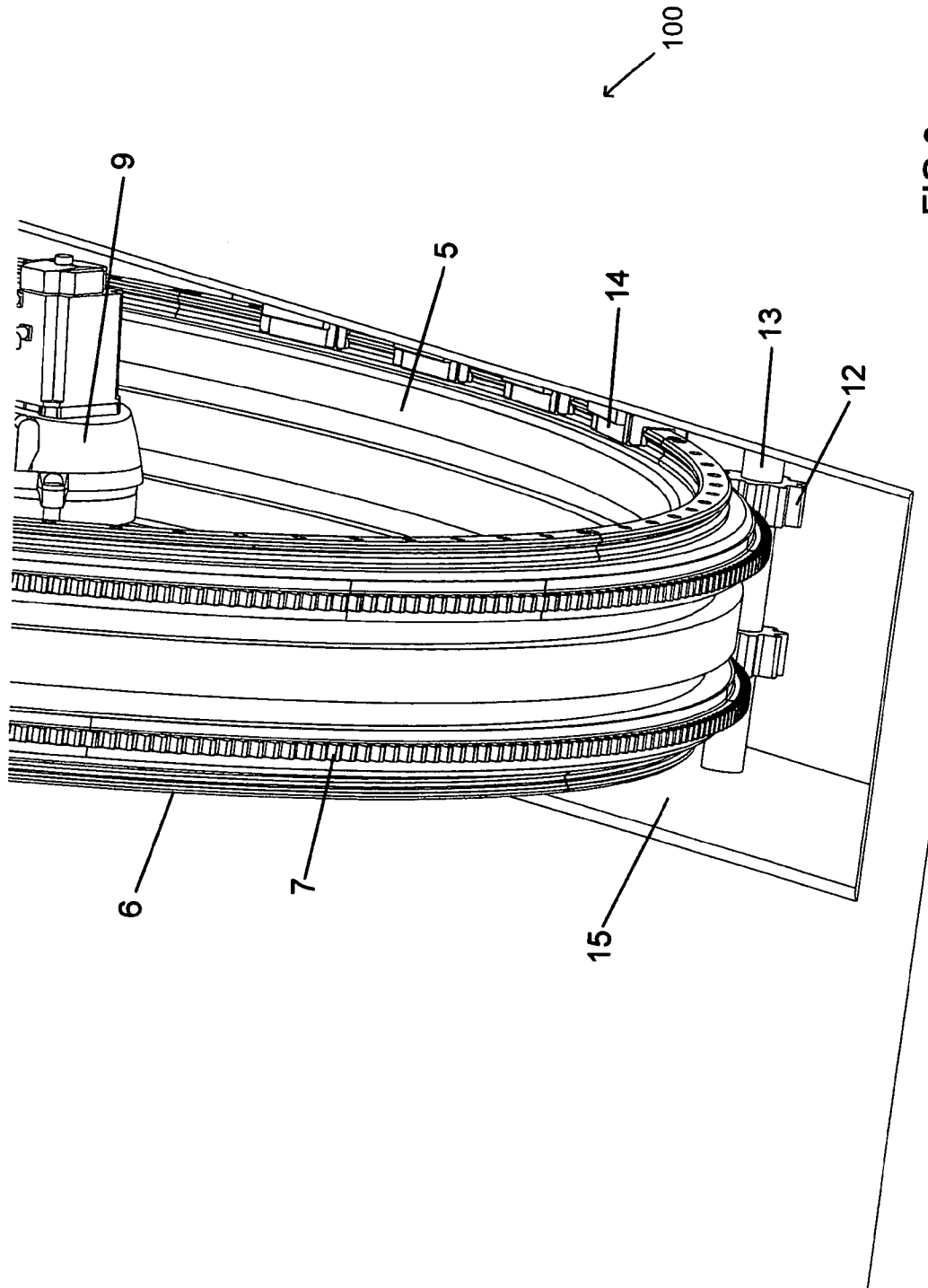


FIG.3

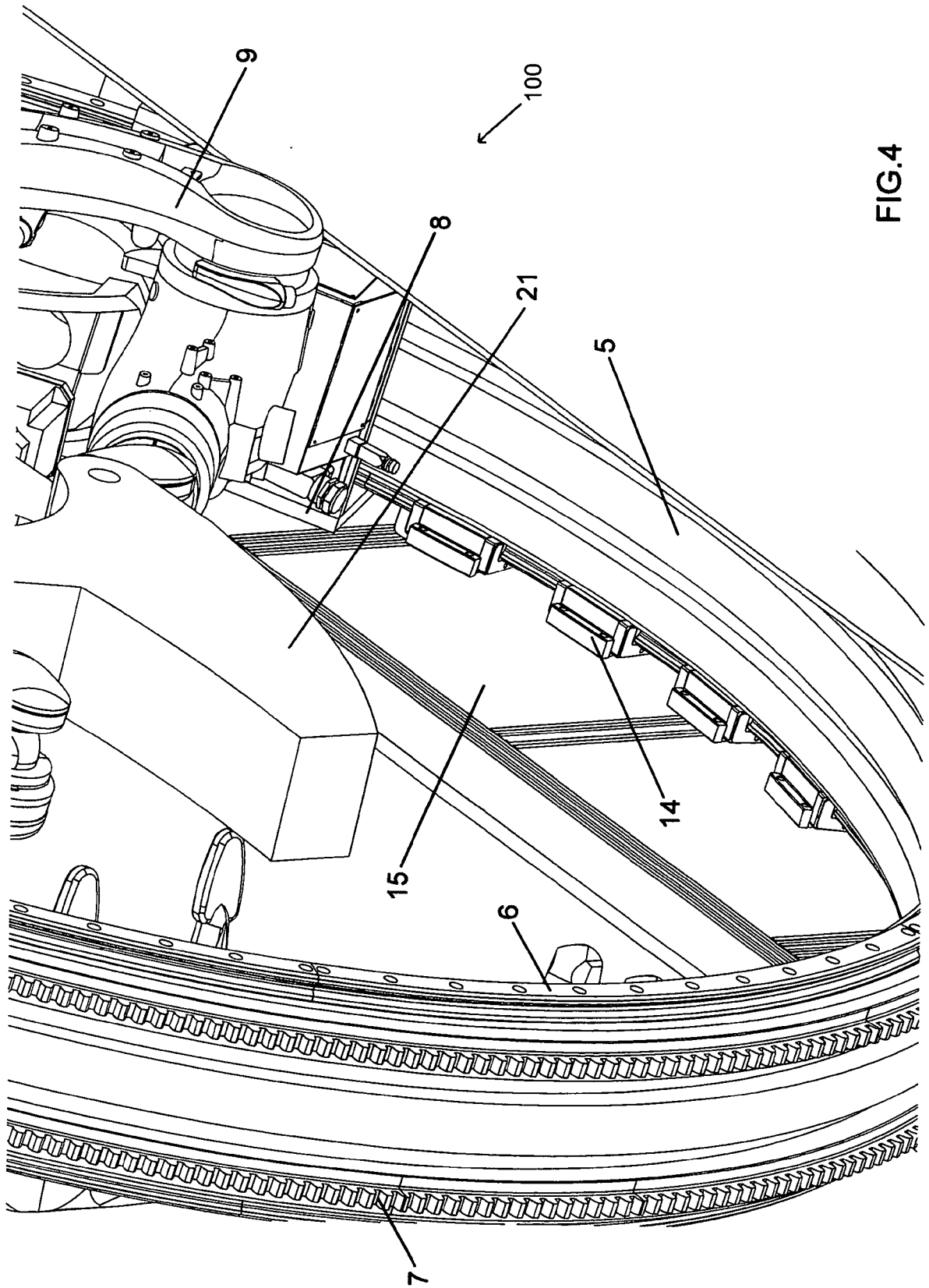
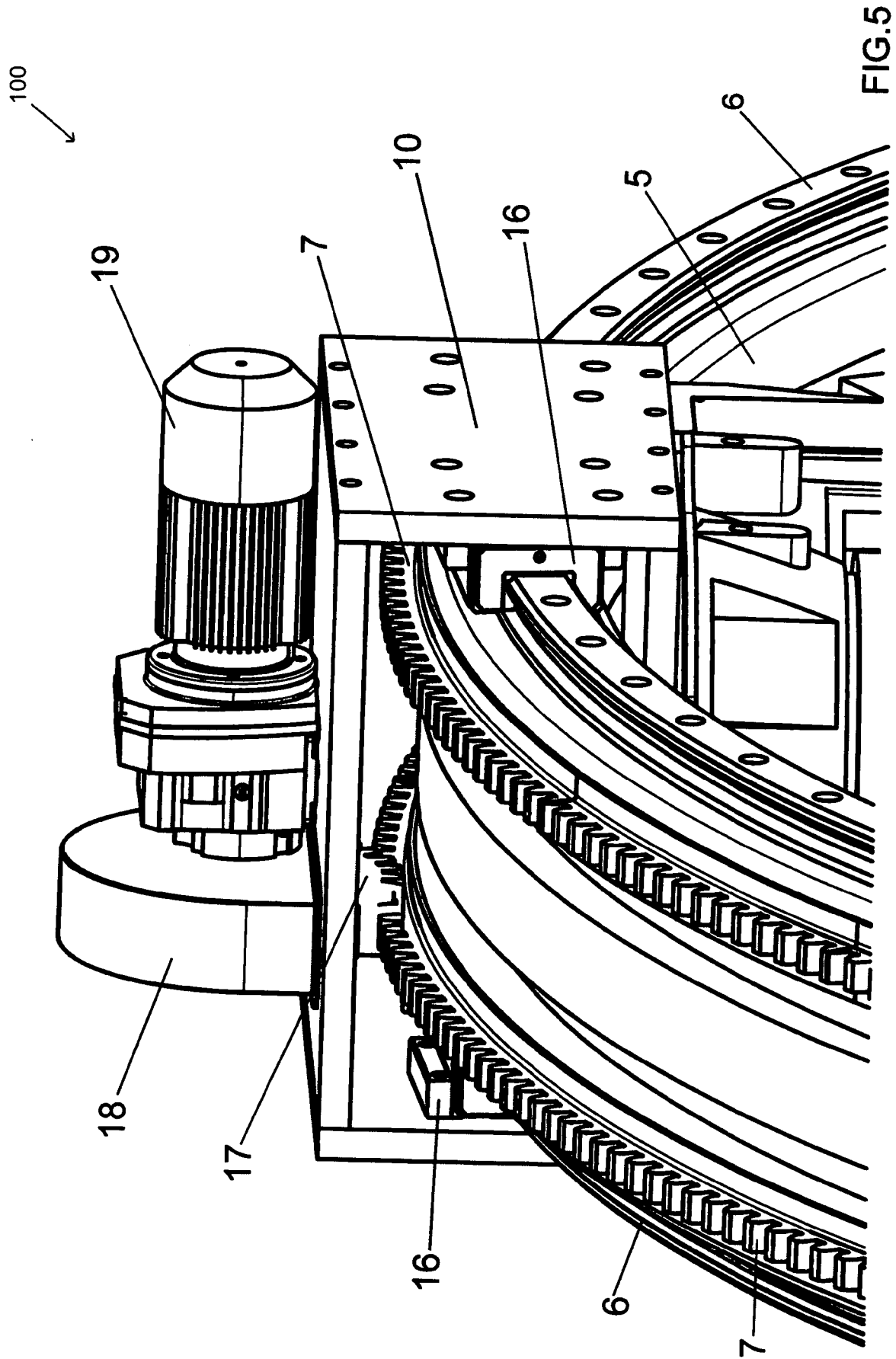


FIG.4



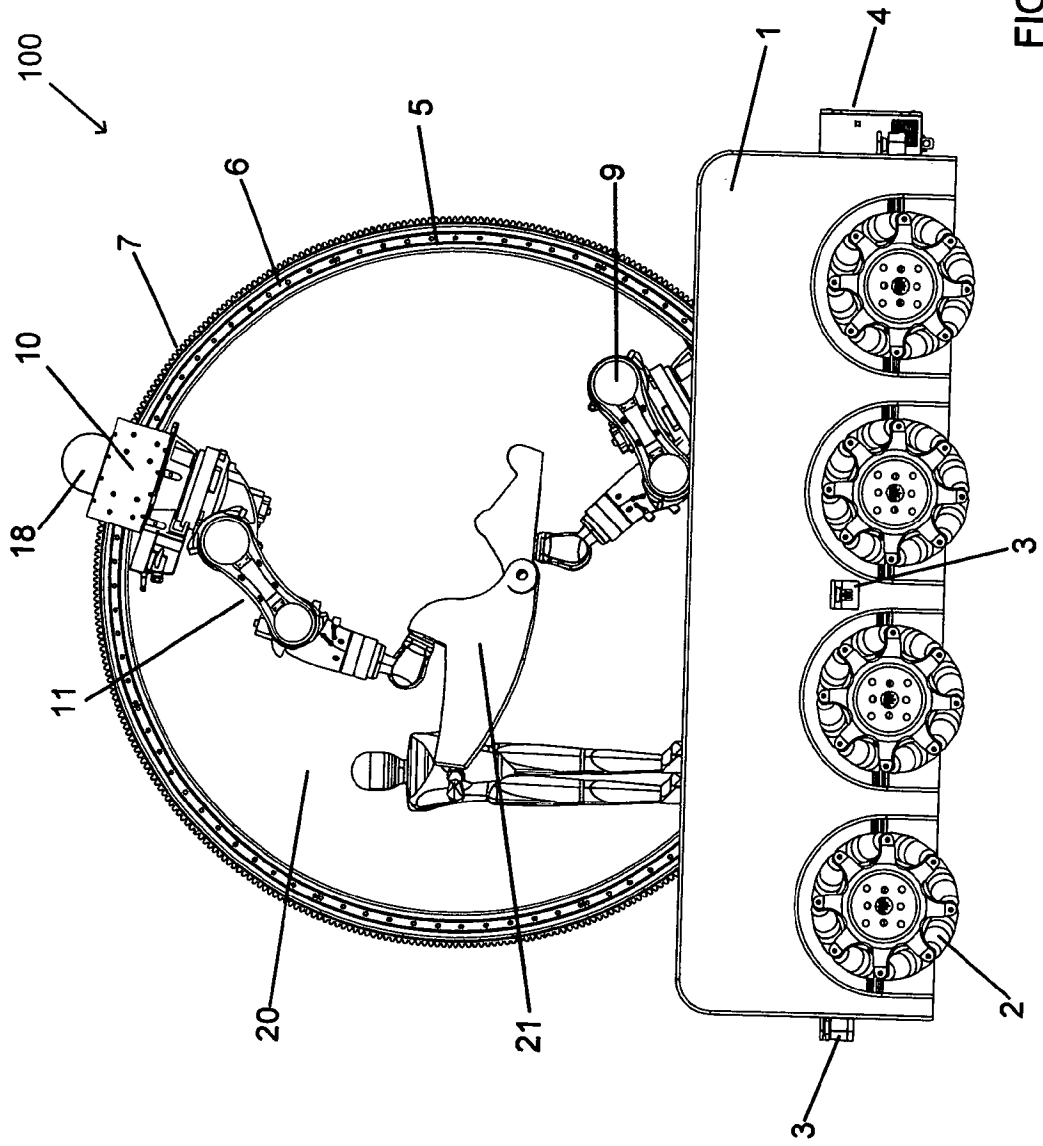


FIG. 6

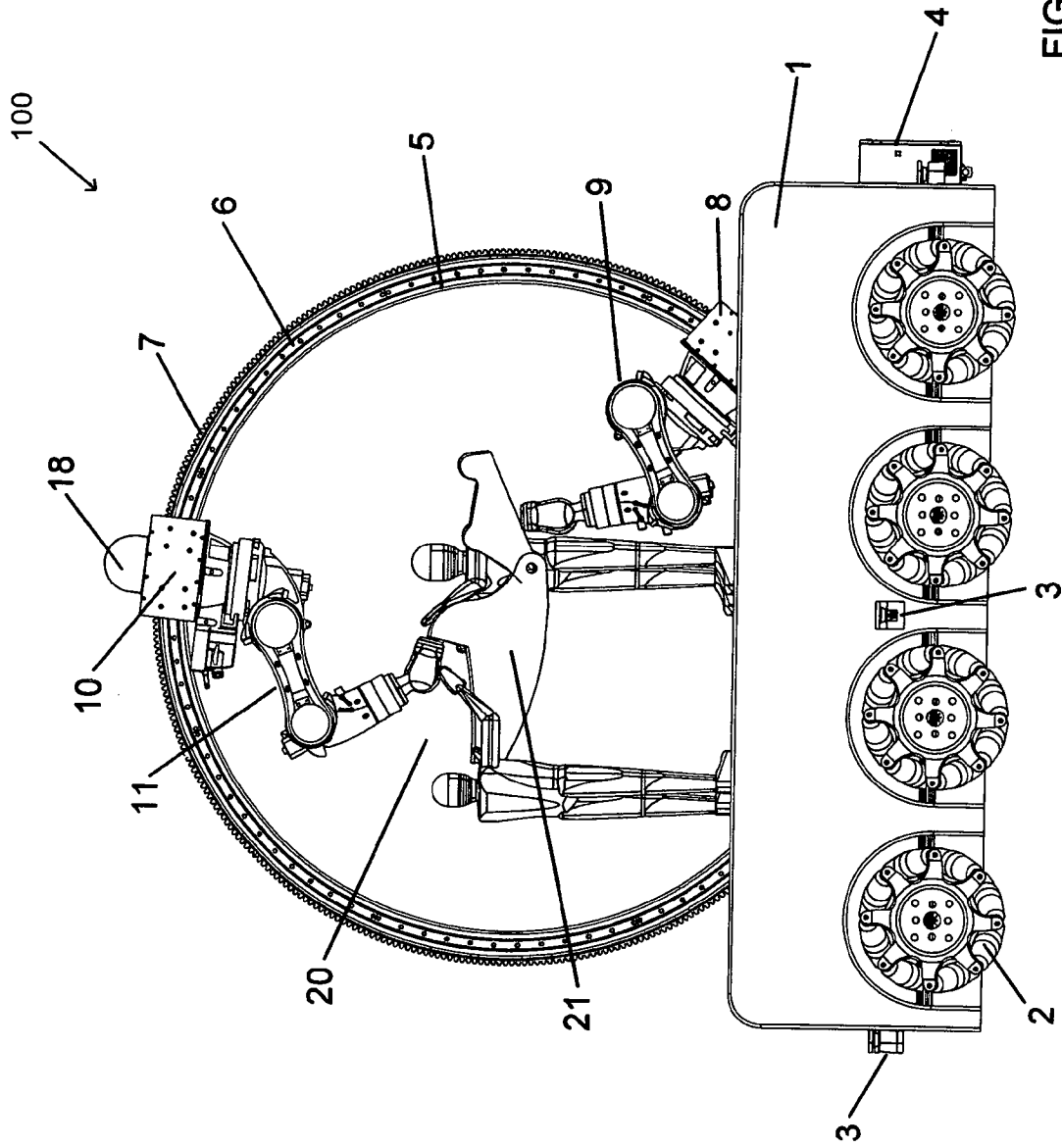


FIG. 8

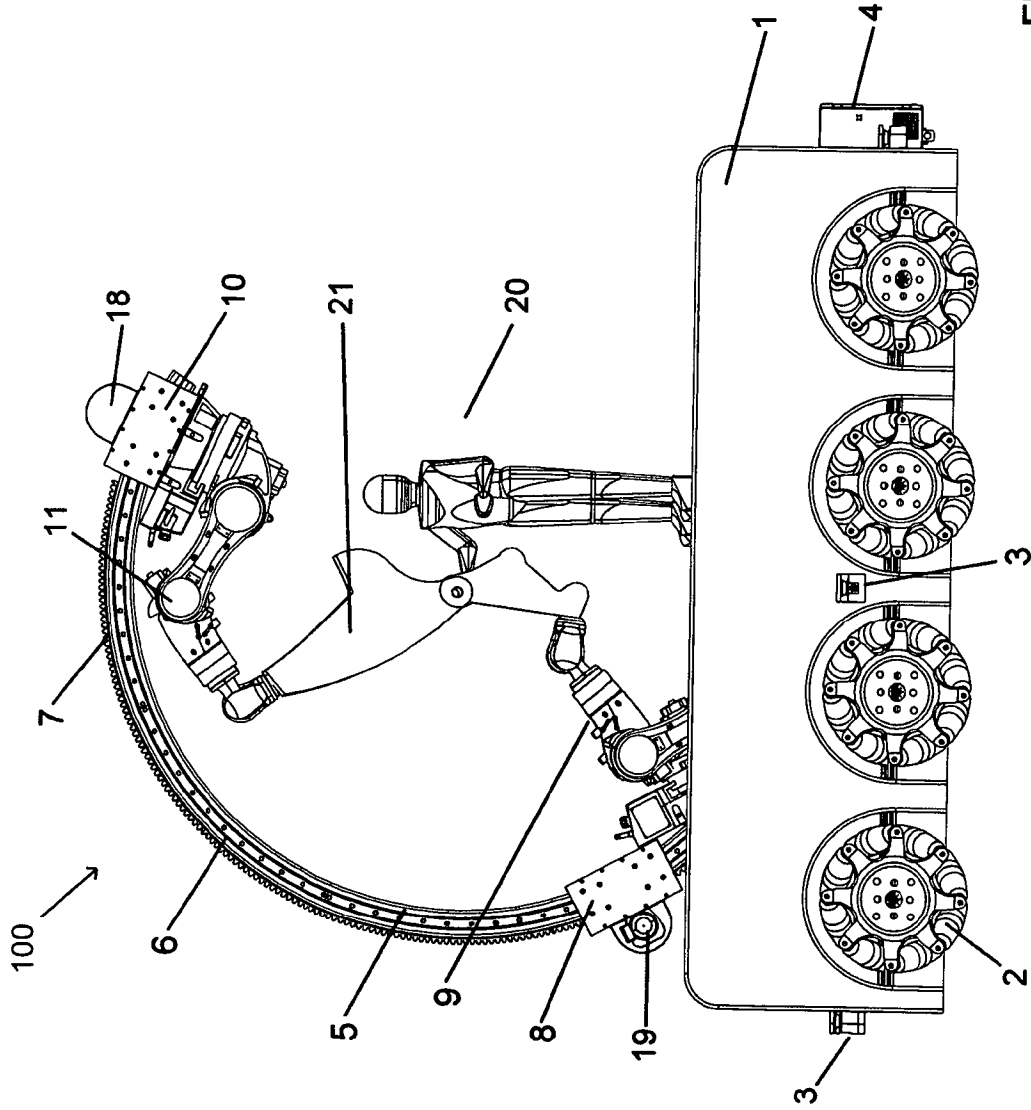


FIG.9

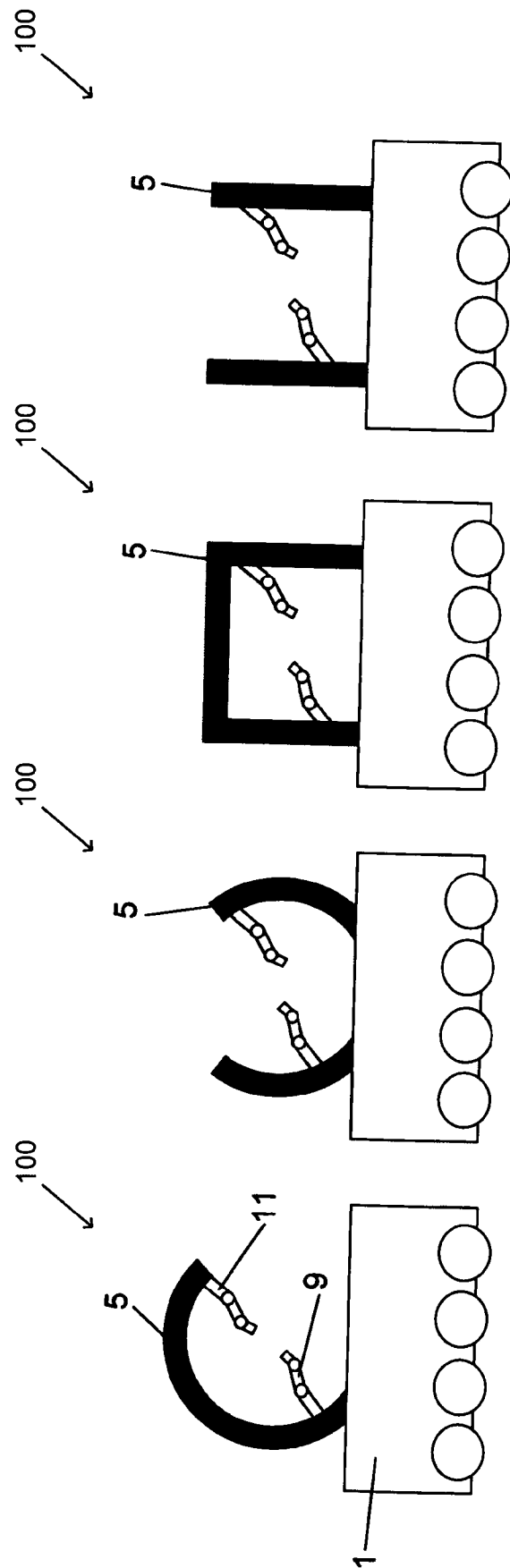


FIG. 10