

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. März 2018 (29.03.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/055189 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B24B 27/00 (2006.01) B25J 11/00 (2006.01)
B24B 41/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/074327

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. September 2017 (26.09.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 118 173.0
26. September 2016 (26.09.2016) DE

(71) Anmelder: FERROBOTICS COMPLIANT ROBOT
TECHNOLOGY GMBH [—/AT]; Altenbergerstraße 69,
Science Park/ 4. Stock, 4040 Linz (AT).

(72) Erfinder: NADERER, Ronald; Sandgrube 27, 4181 Ober-
neukirchen (AT).

(74) Anwalt: WESTPHAL, MUSSGNUG & PARTNER
MBB; Werinherstr. 79, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: MACHINE TOOL FOR ROBOT-ASSISTED SURFACE FINISHING

(54) Bezeichnung: WERKZEUGMASCHINE ZUM ROBOTERGESTÜTZTEN BEARBEITEN VON OBERFLÄCHEN

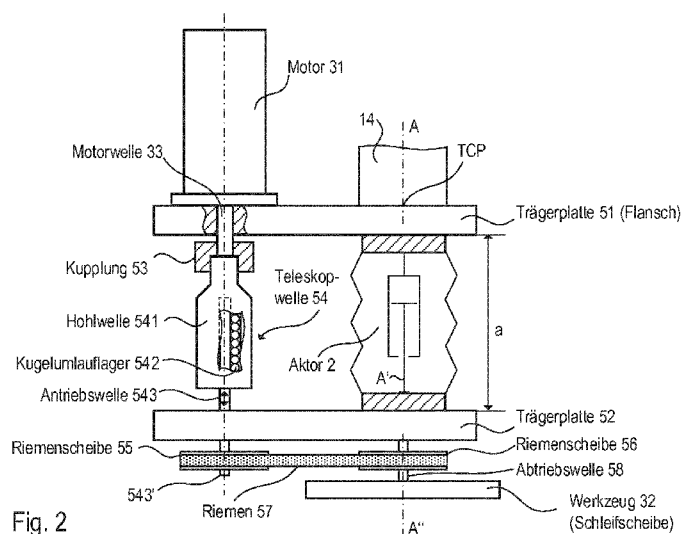


Fig. 2

31	Motor	51	Support plate (flange)
33	Motor shaft	52	Support plate
53	Coupling	56	Pulley
541	Hollow shaft	58	Output shaft
542	Recirculating ball bearing	32	Tool (grinding wheel)
543	Drive shaft	54	Telescopic shaft
55	Pulley	2	Actuator
57	Belt		

(57) Abstract: The invention relates to a machine tool for robot-assisted surface finishing. According to one embodiment, the machine tool comprises a first support plate and a second support plate. The first support plate is designed for mounting on a manipulator. An output shaft for receiving a rotatable tool is mounted on the second support plate. The machine tool additionally comprises a linear actuator that acts between the first support plate and the second support plate, as well as a motor which is mounted on the first support plate. The machine tool additionally comprises a telescopic shaft with a first shaft portion and a second shaft portion that can be displaced relative to said first shaft portion. The first shaft portion is coupled to a motor shaft of the motor, and the second shaft portion is mounted on the second support plate. The telescopic shaft is coupled to the output shaft by means of a gear mechanism.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Werkzeugmaschine zum robotergestützten Bearbeiten von Oberflächen beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Werkzeugmaschine eine erste Trägerplatte und eine zweite Trägerplatte auf. Die erste Trägerplatte ist zur Montage an einem Manipulator ausgebildet. An der zweiten Trägerplatte ist eine Abtriebswelle zur Aufnahme eines rotierbaren Werkzeugs gelagert. Die Werkzeugmaschine weist des Weiteren einen Linearaktor, der zwischen der ersten Trägerplatte und der zweiten Trägerplatte wirkt, sowie einen Motor auf, der an der ersten Trägerplatte montiert ist. Die Werkzeugmaschine weist weiter eine Teleskopwelle mit einem ersten Wellenteil und einem zweiten Wellenteil auf, der relativ zum ersten Wellenteil verschiebbar ist. Der erste Wellenteil ist mit einer Motorwelle des Motors gekoppelt, und der zweite Wellenteil ist an der zweiten Trägerplatte gelagert. Die Teleskopwelle ist mit der Abtriebswelle über ein Getriebe gekoppelt.

WERKZEUGMASCHINE ZUM ROBOTERGESTÜTZTEN BEARBEITEN VON OBERFLÄCHEN

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine von einem Roboter geführte Werkzeugmaschine für die robotergestützte Bearbeitung von Oberflächen, beispielsweise eine Schleifmaschine oder eine Poliermaschine.

HINTERGRUND

[0002] In der Oberflächenbearbeitung von Werkstücken spielen Schleif- und Polierprozesse eine zunehmend wichtige Rolle. In der automatisierten, robotergestützten Fertigung werden Industrieroboter eingesetzt, mit deren Hilfe z.B. Schleifprozesse automatisiert werden können.

[0003] Bei robotergestützten Schleifvorrichtungen wird eine Schleifmaschine mit rotierendem Schleifwerkzeug (z.B. Schleifscheibe) von einem Manipulator, beispielsweise einem Industrieroboter, geführt. Der sogenannte TCP (*Tool Center Point*) des Manipulators bewegt sich während des Schleifprozesses entlang einer (vorab z.B. mittels Teach-In programmierbaren) Bahn (Trajektorie). Die vorgegebene Bahn des TCP definiert für jeden Zeitpunkt Position und Orientierung des TCP und damit der Schleifmaschine. Die Robotersteuerung, die die Bewegung des Manipulators steuert beinhaltet daher in der Regel eine Positionsregelung.

[0004] Für oberflächenbearbeitende Prozesse wie beispielsweise Fräsen, Schleifen, Polieren, etc. ist eine Positionsregelung des Werkzeugs meist nicht ausreichend, da die Prozesskraft (die Kraft zwischen Werkzeug und Werkstück) für das Bearbeitungsergebnis eine wichtige Rolle spielt. Daher ist das Werkzeug in der Regel nicht starr mit dem TCP des Manipulators verbunden sondern über ein elastisches Element, das im einfachsten Fall eine Feder sein kann. Um die Prozesskraft einstellen zu können, ist in vielen Fällen eine Regelung (*closed-loop control*) der Prozesskraft nötig. Zur Implementierung einer Kraftregelung kann das elastische Element ein separater Linearaktor sein, der mechanisch zwischen TCP des Manipulators und das Werkzeug (z.B. zwischen TCP und einer Schleifmaschine, an der eine Schleifscheibe montiert ist) gekoppelt ist. Der Linearaktor kann im Vergleich

zum Manipulator relativ klein sein und wird im Wesentlichen für die Regelung der Prozesskraft verwendet, während der Manipulator das Werkzeug (samt Linearaktor) positionsgeregt entlang der zuvor programmierten Trajektorie bewegt.

[0005] Eine der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann darin gesehen werden, eine verbesserte Werkzeugmaschine wie z.B. eine Schleifmaschine zur Verfügung zu stellen, die für eine robotergestützte Bearbeitung von Oberflächen geeignet ist.

ZUSAMMENFASSUNG

[0006] Die oben genannte Aufgabe wird durch die Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst. Verschiedene Ausführungsbeispiele und Weiterentwicklungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Es wird eine Vorrichtung für eine Werkzeugmaschine beschrieben, die gemäß einem Ausführungsbeispiel eine erste Trägerplatte und eine zweite Trägerplatte aufweist; die erste Trägerplatte ist zur Montage an einem Manipulator sowie zur Montage eines Motors ausgebildet. An der zweiten Trägerplatte ist eine Abtriebswelle zur Aufnahme eines rotierbaren Werkzeugs gelagert. Die Werkzeugmaschine weist des Weiteren einen Linearaktor, der zwischen der ersten Trägerplatte und der zweiten Trägerplatte wirkt, sowie weiter eine Teleskopwelle mit einem ersten Wellenteil und einem zweiten Wellenteil auf, der relativ zum ersten Wellenteil verschiebbar ist. Der erste Wellenteil ist zum Koppeln mit einer Motorwelle des Motors ausgebildet, und der zweite Wellenteil ist an der zweiten Trägerplatte gelagert. Die Teleskopwelle ist mit der Abtriebswelle über ein Getriebe gekoppelt.

[0008] Es wird eine Werkzeugmaschine zum robotergestützten Bearbeiten von Oberflächen beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Werkzeugmaschine eine erste Trägerplatte und eine zweite Trägerplatte auf. Die erste Trägerplatte ist zur Montage an einem Manipulator ausgebildet. An der zweiten Trägerplatte ist eine Abtriebswelle zur Aufnahme eines rotierbaren Werkzeugs gelagert. Die Werkzeugmaschine weist des Weiteren einen Linearaktor, der zwischen der ersten Trägerplatte und der zweiten Trägerplatte wirkt, sowie einen Motor auf, der an der ersten Trägerplatte montiert ist. Die Werkzeugmaschine weist weiter eine Teleskopwelle mit einem ersten Wellenteil und einem zweiten Wellenteil auf, der relativ zum ersten Wellenteil verschiebbar ist. Der erste Wellenteil ist mit einer Motorwelle des Motors gekoppelt, und der zweite Wellenteil ist an der zweiten

Trägerplatte gelagert. Die Teleskopwelle ist mit der Abtriebswelle über ein Getriebe gekoppelt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

[0009] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von den in den Abbildungen dargestellten Beispielen näher erläutert. Die Darstellungen sind nicht zwangsläufig maßstabsgetreu und die Erfindung beschränkt sich nicht nur auf die dargestellten Aspekte. Vielmehr wird Wert darauf gelegt, die der Erfindung zugrunde liegenden Prinzipien darzustellen. Zu den Abbildungen:

[0010] Figur 1 ist eine exemplarische schematische Darstellung einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifmaschine, die mit einem Industrieroboter mittels eines kraftgeregelten Linearaktors gekoppelt ist; der Linearaktor bewirkt eine mechanische Entkopplung von Industrieroboter und Schleifmaschine.

[0011] Figur 2 illustriert ein exemplarisches Ausführungsbeispiel einer Werkzeugmaschine mit integriertem Linearaktor zur mechanischen Entkopplung einer Antriebsseite und einer Werkzeugseite der Werkzeugmaschine.

[0012] Figur 3 illustriert ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Werkzeugmaschine mit mechanisch entkoppelter Antriebsseite und Werkzeugseite.

[0013] Figur 4 illustriert das Beispiel aus Fig. 3 jedoch mit größerer Auslenkung des Linearaktors als in Fig. 3

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0014] Bevor verschiedene Ausführungsbeispiele im Detail erläutert werden, wird zunächst ein allgemeines Beispiel einer robotergestützten Schleifvorrichtung beschrieben. Die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränken sich jedoch nicht auf Schleifvorrichtungen. Die hier beschriebenen Vorrichtungen können für die robotergestützte Durchführung verschiedenster Bearbeitungsprozesse, bei denen ein rotierendes Werkzeug zum Einsatz kommt, angewendet werden (z.B. sämtliche spanabhebende Fertigungsverfahren wie z.B. Fräsen, Schleifen, Polieren und dgl.).

[0015] Das in Fig. 1 dargestellte Beispiel umfasst einen Manipulator 1 (beispielsweise einen Industrieroboter) und eine Werkzeugmaschine 3 (z.B. Schleifmaschine), die einen Motor 31 und ein rotierendes Werkzeug 32 (z.B. Schleifscheibe) aufweist. Die Schleifmaschine 3 ist mit dem Endeffektorflansch 15 des Manipulators 1 (am *Tool-Center-Point* (TCP)) über einen Linearaktor 2 gekoppelt. Im Falle eines Industrieroboters mit sechs Freiheitsgraden kann der Manipulator aus vier Segmenten 11, 12, 13 und 14 aufgebaut sein, die jeweils über Gelenke G_{11} , G_{12} und G_{13} verbunden sind. Das erste Segment 11 ist dabei meist starr mit einem Fundament 10 verbunden (was jedoch nicht zwangsläufig der Fall sein muss). Das Gelenk G_{13} verbindet die Segmente 13 und 14. Das Gelenk G_{13} kann 2-achsig sein und eine Drehung des Segments 14 (relativ zum Segment 13) um eine horizontale Drehachse (Elevationswinkel) und eine vertikale Drehachse (Azimutwinkel) ermöglichen. Das Gelenk G_{12} verbindet die Segmente 12 und 13 und ermöglicht eine Schwenkbewegung des Segments 13 relativ zur Lage des Segments 12. Das Gelenk G_{11} verbindet die Segmente 11 und 12. Das Gelenk G_{11} kann 2-achsig sein und daher (ähnlich wie das Gelenk G_{13}) eine Schwenkbewegung in zwei Richtungen ermöglichen. Der TCP hat eine feste Relativposition zum Segment 14, wobei dieses üblicherweise noch ein Drehgelenk (nicht dargestellt) umfasst, das eine Drehbewegung um eine Längsachse A des Segments 14 ermöglicht (in Fig. 1 als strichpunktierte Linie eingezeichnet). Der Manipulator 1 hat damit insgesamt 6 Freiheitsgrade. Jeder Achse eines Gelenks ist ein Aktor zugeordnet, der eine Drehbewegung um die jeweilige Gelenksachse bewirken kann. Die Aktoren in den Gelenken werden von einer Robotersteuerung 4 gemäß einem Roboterprogramm angesteuert. Der TCP kann (in bestimmten Grenzen) beliebig positioniert werden (mit beliebiger Orientierung der Achse A).

[0016] Der Manipulator 1 ist üblicherweise positionsgeregelt, d.h. die Robotersteuerung 4 kann die Pose (Position und Orientierung) des TCP festlegen und diesen entlang einer vordefinierten Trajektorie bewegen. Wenn der Aktor 2 an einem Endanschlag anliegt, ist mit der Pose des TCP auch die Pose des Werkzeugs 32 (und der gesamten Schleifmaschine 3) definiert. Der Aktor 2 dient dazu, während des Schleifprozesses die Kontaktkraft F_K (Prozesskraft) zwischen Werkzeug 32 und Werkstück W auf einen gewünschten Wert einzustellen. Eine direkte Regelung der Prozesskraft durch den Manipulator 1 ist für Schleifanwendungen üblicherweise zu ungenau, da durch die hohe Massenträgheit der Segmente 11 bis 14 des Manipulators 1 eine schnelle Kompensation von Kraftspitzen (z.B.

beim Aufsetzen des Schleifwerkzeugs auf das Werkstück W) mit herkömmlichen Manipulatoren praktisch nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist die Robotersteuerung dazu ausgebildet, die Pose (Position und Orientierung) des TCP zu regeln, während die Regelung der Kontaktkraft F_K ausschließlich vom Aktor 2 bewerkstelligt wird, der zwischen Schleifmaschine 3 und Manipulator 1 gekoppelt ist. Aufgrund der Kraftregelung ist der Aktor 2 in der Lage, während des Schleifprozesses (entlang der Wirkrichtung des Aktors 2) Abweichungen in Position und Lage des Werkstücks W relativ zum Werkzeug 32 auszugleichen und gleichzeitig die gewünschte Prozesskraft F_K aufrechterhalten. Die erwähnten Abweichungen können z.B. durch Fehler in der Positionierung des Werkstückes oder Ungenauigkeiten in der Positionierung des TCP (aufgrund von Toleranzen) verursacht werden.

[0017] Wie bereits erwähnt kann während des Schleifprozesses die Kontaktkraft F_K zwischen Werkzeug 32 und Werkstück W mit Hilfe des (Linear-) Aktors 2 und einer Kraftregelungseinheit (die beispielsweise in der Steuerung 4 implementiert sein kann) so eingestellt werden, dass die Kontaktkraft F_K zwischen Schleifwerkzeug 32 und Werkstück W einem vorgebbaren Sollwert entspricht. Die Kontaktkraft ist dabei eine Reaktion auf die Aktorkraft F_A , mit der der Linearaktor 2 auf die Werkstückoberfläche drückt. Bei fehlendem Kontakt zwischen Werkstück W und Werkzeug 32 fährt der Aktor 2 aufgrund der fehlenden Kontaktkraft F_K gegen einen Endanschlag (in Fig. 1 nicht dargestellt oder in den Aktor 2 integriert). Die Positionsregelung des Manipulators 1 (die ebenfalls in der Steuerung 4 implementiert sein kann) kann vollkommen unabhängig von der Kraftregelung des Aktors 2 arbeiten. Der Aktor 2 ist nicht verantwortlich für die Positionierung der Schleifmaschine 3, sondern lediglich für das Einstellen und Aufrechterhalten der erwünschten Kontaktkraft F_K während des Schleifprozesses und zur Erkennung von Kontakt zwischen Werkzeug 32 und Werkstück W. Ein Kontakt kann z.B. erkannt werden, wenn die Auslenkung des Aktors 2 ausgehend vom Endanschlag kleiner wird, oder die Änderung der Auslenkung des Aktors 2 negativ wird.

[0018] Generell besteht bei robotergestützten bzw. automatisierten Systemen, bei denen der Roboter einen Gegenstand (z.B. Werkstück W) berührt das Problem, den Kontaktzeitpunkt zu erkennen und die Kontaktkraft zu regeln. Eine Kontaktkraftregelung ist erst möglich, nachdem der Roboter die Oberfläche des Gegenstandes kontaktiert hat. Aus diesem Grund tritt bei allen bekannten, kraftgeregelten Systemen zunächst beim Kontakt zwischen

dem am Roboter gelagerten Werkzeug und der zu kontaktierenden Oberfläche eine stoßförmige Kontaktkraft auf. Bei dieser Kollision wirkt nicht nur die Masse (d.h. die Trägheitskräfte und damit die kinetische Energie) des Werkzeugs (siehe Fig. 1, Schleifmaschine 3) und des Aktors (siehe Fig. 1, Aktor 2), sondern auch die Masse bzw. die kinetische Energie des gesamten Manipulators samt dessen Antriebe. Diese Masse bestimmt im Wesentlichen die (zu vermeidende) Aufprallenergie.

[0019] Die resultierende stoßförmige Kontaktkraft mag in vielen Fällen unproblematisch sein, kann jedoch in Anwendungen, bei denen Präzision wichtig ist oder sehr empfindliche Werkstücke be- oder verarbeitet werden müssen, störend und unerwünscht sein. Das heißt, es kommt zu einem Überschwingen der Ist-Kontaktkraft im Vergleich zur Soll-Kontaktkraft. Auch während der Bearbeitung einer Oberfläche kann es sein, dass die Position des Werkzeugs nachjustiert werden muss, um die Soll-Kontaktkraft aufrechtzuerhalten. In diesem Fall sind es vor allem Haftreibungseffekte (der so-genannte "Stick-Slip-Effekt") welche zu transienten Überschwingen im Kontaktkraftverlauf führen können. Des Weiteren kann bei getriebebehafteten Antrieben das Ineinander-greifen der Zähne der Getrieberäder unerwünschte ruckartige Stöße oder Schwingungen verursachen. Beim Handhaben oder Bearbeiten von Gegenständen können beide Effekte zu Qualitätsproblemen führen.

[0020] Das oben erläuterte Überschwingen kann dadurch reduziert werden, dass die Werkzeugmaschine (z.B. eine Schleifmaschine) vom Manipulator 1 mechanisch entkoppelt wird. Diese Entkopplung kann z.B. mittels einer Feder erreicht werden. In dem im Fig. 1 dargestellten Beispiel erfolgt diese Entkopplung mittels des Aktors 2. Der Aktor 2 kann ein pneumatischer Aktor sein, z.B. ein doppeltwirkender Pneumatikzylinder. Jedoch sind auch andere pneumatische Aktoren anwendbar wie z.B. Balgzylinder und Luftmuskel. Als Alternative kommen auch elektrische Direktantriebe (getriebeelos) in Betracht. Im Falle eines pneumatischen Aktors kann die Kraftregelung in an sich bekannter Weise mit Hilfe eines Regelventils, eines Reglers (implementiert in der Steuerung 4) und eines Druckluftspeichers realisiert werden. Die konkrete Implementierung ist jedoch für die weitere Erläuterung nicht wichtig und wird daher auch nicht detaillierter beschrieben. In den hier beschriebenen Beispielen ist der Aktor 2 im Wesentlichen haftreibungsfrei, um den erwähnten Stick-Slip-Effekt zu vermeiden oder möglichst klein zu halten. „Im Wesentlichen haftreibungsfrei“ bedeutet dabei nicht eine Haftreibung von Null, jedoch eine im Vergleich zur Aktorkraft vernachlässigbar kleine Haftreibung. Bei vollständiger Entkopplung zwischen

Werkzeugmaschine und Manipulator wirken die Massenträgheitskräfte des Manipulators nicht mehr auf die kontaktierte Oberfläche.

[0021] Trotz der erwähnten mechanischen Entkopplung von Manipulator und Werkzeug durch verbleiben dennoch die Massenträgheitskräfte der Werkzeugmaschine, welche auf die Oberfläche des kontaktierten Werkstücks wirken können. Bei hohen Prozesskräften (z.B. Schleifkräften zwischen Schleifscheibe und Werkstück) benötigt die Werkzeugmaschine in der Regel einen leistungsstarken Motor (z.B. ein Elektromotor), der eine entsprechend große Masse aufweist. Im Übrigen muss der Aktor 2 auf das Gewicht der Werkzeugmaschine (inklusive Motor) abgestimmt sein, da der Aktor bei der Kraftregelung in der Regel die Gewichtskraft der Werkzeugmaschine (zumindest teilweise) kompensieren muss.

[0022] Gemäß dem vorherigen Beispiel aus Fig. 1 ist der Aktor 2 zwischen Manipulator 1 und Werkzeugmaschine 3 angeordnet. Fig. 2 zeigt ein exemplarisches Beispiel einer Werkzeugmaschine 3 (z.B. eine Schleifmaschine) mit integriertem Aktor 2. Die Integration des Aktors in die Werkzeugmaschine ermöglicht eine mechanische Entkopplung zwischen einer Antriebsseite, an der der (vergleichsweise schwere) Motor 31 angeordnet ist, und einer Werkzeugseite, an der das (vergleichsweise leichte) Werkzeug 32 (z.B. eine Schleifscheibe) angeordnet ist. Wenn die Werkzeugmaschine 3 aus Fig. 2 mit ihrer Antriebsseite an einem Endeffektorflansch (vgl. Fig. 1, Ziffer 15) eines Manipulators montiert ist, wird das Gewicht aller Komponenten (inkl. das Gewicht des Motors 31) auf der Antriebsseite der Werkzeugmaschine 3 vom Manipulator aufgenommen und lediglich die vergleichsweise kleine Masse der Komponenten auf der Werkzeugseite muss von dem integrierten Aktor 2 bewegt werden.

[0023] Gemäß dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel weist die Werkzeugmaschine 3 eine erste Trägerplatte 51 und eine zweite Trägerplatte 52 auf. Die erste Trägerplatte 51 ist so ausgeführt, dass sie an einem Manipulator montiert werden kann, beispielsweise an dem Endeffektorflansch 15 des Manipulators 1 aus Fig. 1. An der zweiten Trägerplatte 52 ist eine Abtriebswelle 58 gelagert. Im Betrieb kann an der Abtriebswelle 58 ein rotierbares Werkzeug 32 montiert sein, beispielsweise eine Schleifscheibe. Zwischen den beiden Trägerplatten 51 und 52 ist ein Linearaktor 2 angeordnet. Der Linearaktor 2 wirkt zwischen

den beiden Trägerplatten 51 und 52, sodass der Abstand a zwischen den beiden Trägerplatten 51 und 52 von der Auslenkung des Linearaktors 2 abhängt. Der Linearaktor 2 wird im Normalbetrieb kraftgeregelt betrieben, sodass die Aktorkraft zwischen den beiden Trägerplatten 51 und 52 wirkt. Wenn das Werkzeug 32 keinen Kontakt zu einer Oberfläche hat, drückt der Linearaktor 2 mit einer Soll-Aktorkraft gegen einen Endanschlag (nicht dargestellt). Der Aktor 2 kann ein pneumatischer Linearaktor sein und beispielsweise einen doppeltwirkenden Pneumatikzylinder beinhalten. Jedoch können auch andere pneumatische Aktoren verwendet werden wie z.B. Balgzylinder und Luftmuskel. Als Alternative kommen auch elektrische Direktantriebe (getriebelos) in Betracht.

[0024] Ein Motor 31 (z.B. ein Elektromotor) für den Antrieb des Werkzeugs 32 ist an der ersten Trägerplatte 51 montiert ist. Gemäß dem vorliegenden Beispiel kann der Motor 31 an der ersten Trägerplatte 51 angeflanscht sein, wobei die Motorwelle 33 durch die erste Trägerplatte 51 hindurchgeführt ist. Der Abstand zwischen den beiden Trägerplatten 51 und 52 wird durch eine Teleskopwelle 54 „überbrückt“. Die Teleskopwelle 54 umfasst zwei Wellenteile (Hohlwelle/Hülse 541, Antriebswelle 543), die relativ zueinander verschiebbar sind. Ein erster Teil der beiden Wellenteile ist mit der Motorwelle 33 des Motors 31 gekoppelt (beispielsweise mittels einer Wellenkupplung), und ein zweiter Teil der beiden Wellenteile ist an der zweiten Trägerplatte 52 gelagert ist, beispielsweise mittels eines Wälzlagers. Alternativ zu Wälzlager können auch Gleitlager verwendet werden.

[0025] Die erwähnte Abtriebswelle 58 ist mit dem Teleskopwelle 54 über ein Getriebe gekoppelt, sodass die Motorwelle 33 die Teleskopwelle 54 und die Teleskopwelle (über das Getriebe) die Abtriebswelle 58 antreibt. Gemäß dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist das Getriebe ein Riementrieb. Mit dem zweiten (relativ zur ersten Trägerplatte beweglichen) Wellenteil der Teleskopwelle 54 ist eine erste Riemenscheibe 55 und mit der Abtriebswelle 58 ist eine zweite Riemenscheibe 56 gekoppelt. Die beiden Riemenscheiben 55 und 56 sind über einen Riemen (z.B. einen Keilriemen oder einen Zahnriemen) verbunden, sodass die Abtriebswelle 58 und damit auch das an dieser montierte Werkzeug 32 (z.B. eine Schleifscheibe) über die Teleskopwelle und den Riementrieb angetrieben wird. Alternativ zu dem Riementrieb kann auch ein Zahnradgetriebe oder eine beliebige andere Art von Getriebe verwendet werden, das an der zweiten Trägerplatte 52 angeordnet ist.

[0026] Die Antriebswelle 543 (zweiter Wellenteil) ist relativ zur Hohlwelle 541 (erster Wellenteil) entlang der Drehachse der Teleskopwelle 54 verschiebbar. In dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der zweite Wellenteil der Teleskopwelle 54 durch die zweite Trägerplatte 52 hindurchgeführt, wobei der zweite Wellenteil der Teleskopwelle 54 mittels eines Wälzlagers (z.B. ein Kugellager) an der zweiten Trägerplatte 52 gelagert werden kann. Der erste Wellenteil der Teleskopwelle 54 kann mit der Motorwelle 33 des Motors 31 mittels einer (z.B. starren) Wellenkupplung 53 fix verbunden sein. Wenn, wie im vorliegenden Beispiel, die der Motor 31 an die erste Trägerplatte 51 so angeflanscht ist, dass die Motorwelle 33 durch die Trägerplatte 51 hindurchgeführt ist, befindet sich die Wellenkupplung 53 zwischen den beiden Trägerplatten 51 und 52.

[0027] Damit der Linearaktor 2 ungehindert auf die zweite Trägerplatte 52 wirken kann, kann es sinnvoll sein, dass die Linearbewegung zwischen den beiden Wellenteilen der Teleskopwelle 54 entlang der Drehachse der Teleskopwelle 54 möglichst wenig Rückwirkung auf den Aktor hat. Deshalb können der erste Wellenteil und der zweite Wellenteil der Teleskopwelle 54 mittels eines Linearlagers 542 aneinander verschiebbar gelagert sein. Damit das Linearlager 542 eine (vernachlässigbar) geringe Haftreibung aufweist, kann es als Linearkugellager mit axialem Kugelumlauf (Kugelumlauflager) ausgebildet sein.

[0028] In dem vorliegenden Beispiel wirkt der Linearaktor 2 entlang einer Längsachse A'. Diese Achse A' kann koaxial zu einer Drehachse A'' der Abtriebswelle 58 sein. Des Weiteren kann diese Längsachse A' des Linearaktors 2 auch an dem TCP des Manipulators 1 ausgerichtet sein, so dass TCP und Längsachse A' (und auch Drehachse A'') in einer Flucht liegen. In diesem Fall wirkt der Linearaktor 2 – wenn er am Endeffektorflansch eines Manipulators montiert ist – in einer Linie zwischen TCP des Manipulators und der Drehachse A'' der Abtriebswelle 58, an der das Werkzeug 32 montiert ist, was die Biegemomentenbelastung von Linearaktor und Teleskopwelle reduziert.

[0029] Figur 3 illustriert ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Werkzeugmaschine, bei der Antriebsseite (Trägerplatte 51, Motor 31) und Werkzeugseite (zweiter Trägerplatte 52, Abtriebswelle 58, Getriebe) mittels eines Linearaktors 2 und einer Teleskopwelle 54 mechanisch entkoppelt sind. Diese Entkopplung entkoppelt die Dynamik der Komponenten auf der Antriebsseite inklusive des Manipulators von der Dynamik der Werkzeugseite. Das Ausführungsbeispiel aus Fig. 3 ist im Wesentlichen gleich aufgebaut wie das vorherige

Beispiel aus Fig. 2, wobei der Riementrieb der Übersichtlichkeit halber weggelassen wurde. In Fig. 3 ist jedoch das Lager 61 zu sehen, an dem die Teleskopwelle 54 an der zweiten Trägerplatte 52 gelagert ist. Des Weiteren ist die Verbindung zwischen Teleskopwelle 54 und Wellenkupplung 53 genauer dargestellt (siehe Passfeder P). Die Kugel des Linearkugellagers sind nicht dargestellt, jedoch kann man die Rillen 544, in denen die Kugeln geführt sind, sehen.

[0030] In dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel ist der Linearaktor 2 mit minimaler Auslenkung dargestellt (Abstand a_0 zwischen den Trägerplatten 51 und 52 ist minimal). Figur 4 zeigt das gleiche Ausführungsbeispiel wie Fig. 3, wobei jedoch die Auslenkung a_1 des Linearaktors 2 größer ist als in Fig. 3. Im Übrigen ist das Beispiel aus Fig. 4 identisch mit dem vorherigen Beispiel aus Fig. 3 und die diesbezügliche Beschreibung wird deshalb nicht wiederholt.

[0031] Die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele wurden mittels einer konkreten Auswahl aus vielen möglichen Komponenten (Maschinenelementen) realisiert. An dieser Stelle sei angemerkt, dass viele der für die Realisierung der hier dargestellten Ausführungsbeispiele verwendeten Komponenten durch andere Komponenten ersetzt werden können, die im Wesentlichen die gleiche oder eine ähnliche Funktion erfüllen. Beispielsweise können die in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 statt Wälzlager an einer oder mehreren Stellen auch Gleitlager verwendet werden, was beispielsweise bei höheren Drehzahlen sinnvoll sein kann. Des Weiteren kann der Riementrieb durch eine beliebige andere Art von Getriebe ersetzt werden beispielsweise durch ein Zahnradgetriebe. Auch wenn ein pneumatischer Linearaktor in vielen Anwendungen von Vorteil sein kann, kann in bestimmten Anwendungen auch ein anderer Aktor (z.B. ein elektrischer Aktor) verwendet werden. Auch die Wellenverbindungen müssen nicht notwendigerweise so realisiert werden, wie in den dargestellten Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 2 und 3. Wenn Motorwelle 33 und Teleskopwelle 54 nicht coaxial sind, kann statt der Wellenkupplung 53 auch eine Verbindungswelle mit Kardangelenken eingesetzt werden. In Anbetracht dessen ist die vorliegende Erfindung nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern lediglich durch die folgenden Ansprüche und deren rechtlichen Äquivalente.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung für eine Werkzeugmaschine zum robotergestützten Bearbeiten von Oberflächen, die aufweist:

eine erste Trägerplatte (51) ausgebildet zur Montage an einem Manipulator und zur Montage eines Motors (31);

eine zweite Trägerplatte (52), an der eine Abtriebswelle (58) zur Aufnahme eines rotierbaren Werkzeugs (32) gelagert ist;

ein Linearaktor (2), der zwischen der ersten Trägerplatte (51) und der zweiten Trägerplatte (52) wirkt;

eine Teleskopwelle (54) mit einem ersten Teil und einem zweiten Teil, der relativ zum ersten Teil verschiebbar ist, wobei der erste Teil zum Koppeln mit einer Motorwelle (33) des Motors (31) ausgebildet ist und der zweite Teil an der zweiten Trägerplatte (52) gelagert ist;

ein Getriebe, welches die Teleskopwelle (54) mit der Abtriebswelle (58) koppelt.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1,

wobei das Getriebe ein Riementrieb oder ein Zahnradgetriebe ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1;

wobei eine erste Riemenscheibe (55) mit dem zweiten Teil der Teleskopwelle gekoppelt (54) ist und eine zweite Riemenscheibe (56) mit der Abtriebswelle (58) gekoppelt ist, und

wobei die zweite Riemenscheibe (56) mit der ersten Riemenscheibe (55) über einen Riemen (57) gekoppelt sind.

4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei der zweite Teil der Teleskopwelle (54) durch die zweite Trägerplatte (52) hindurchgeführt ist.

5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,

wobei der zweite Teil der Teleskopwelle (54) an der zweiten Trägerplatte (52) mittels eines Wälzlagers oder eines Gleitlagers gelagert ist.

6. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei die Motorwelle (33) und der erste Teil der Teleskopwelle (54) über eine Wellenkupplung (53) miteinander verbunden sind.
7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6,
wobei der erste Teil und der zweite Teil der Teleskopwelle (54) mittels eines Linearlagers (542) aneinander verschiebbar gelagert sind.
8. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei das Linearlager (542) ein Linearkugellager mit axialem Kugelumlauf ist.
9. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei der Linearaktor (2) entlang einer Längsachse (A') wirkt, welche koaxial zu einer Drehachse (A'') der Abtriebswelle (58) liegt.
10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9,
wobei die erste Trägerplatte (51) so an dem Manipulator (1) montierbar ist, dass ein Tool-Center-Point (TCP) des Manipulators in einer Flucht mit der Drehachse (A'') der Abtriebswelle (58) liegt.
11. Werkzeugmaschine zum robotergestützten Bearbeiten von Oberflächen, die aufweist:
eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10;
ein Motor (31), der an der ersten Trägerplatte (51) der Vorrichtung montiert ist und mit einer Motorwelle, die mit dem ersten Teil der Teleskopwelle (54) der Vorrichtung gekoppelt ist.
12. Manipulator mit einem Endeffektorflansch, an dem eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 montiert ist.

1/3

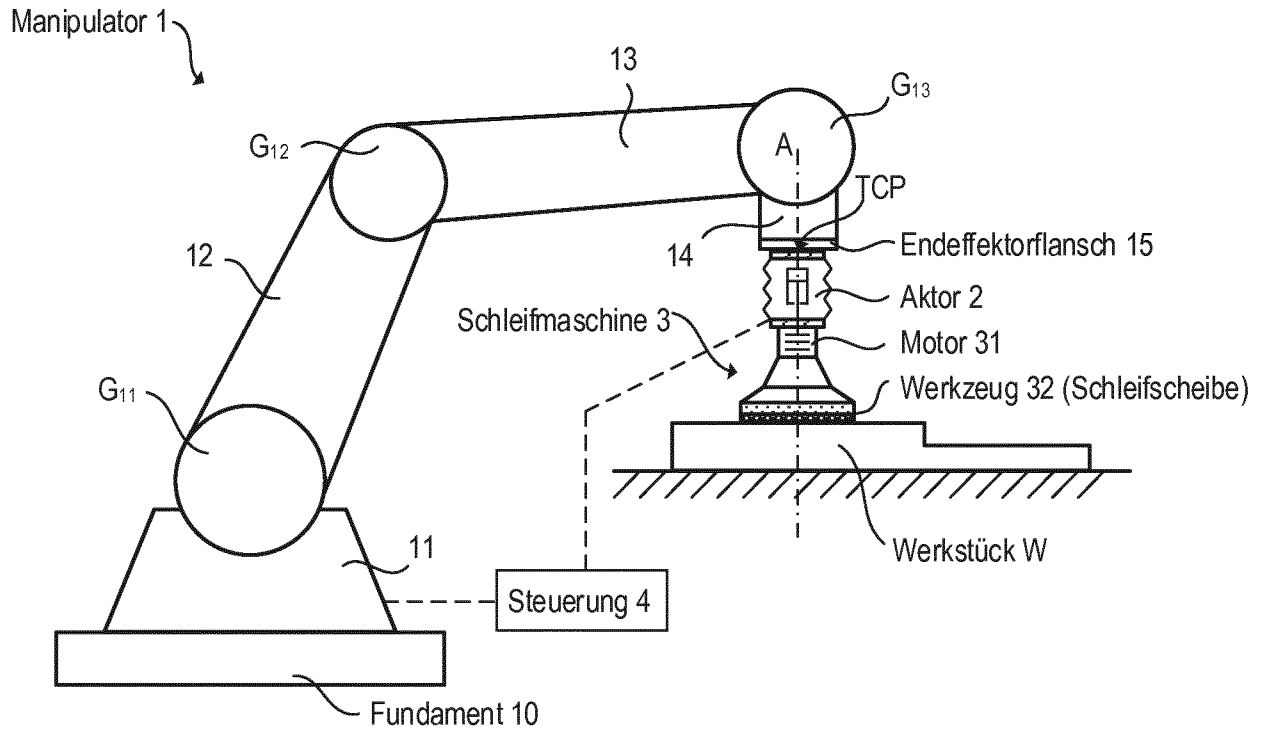


Fig. 1

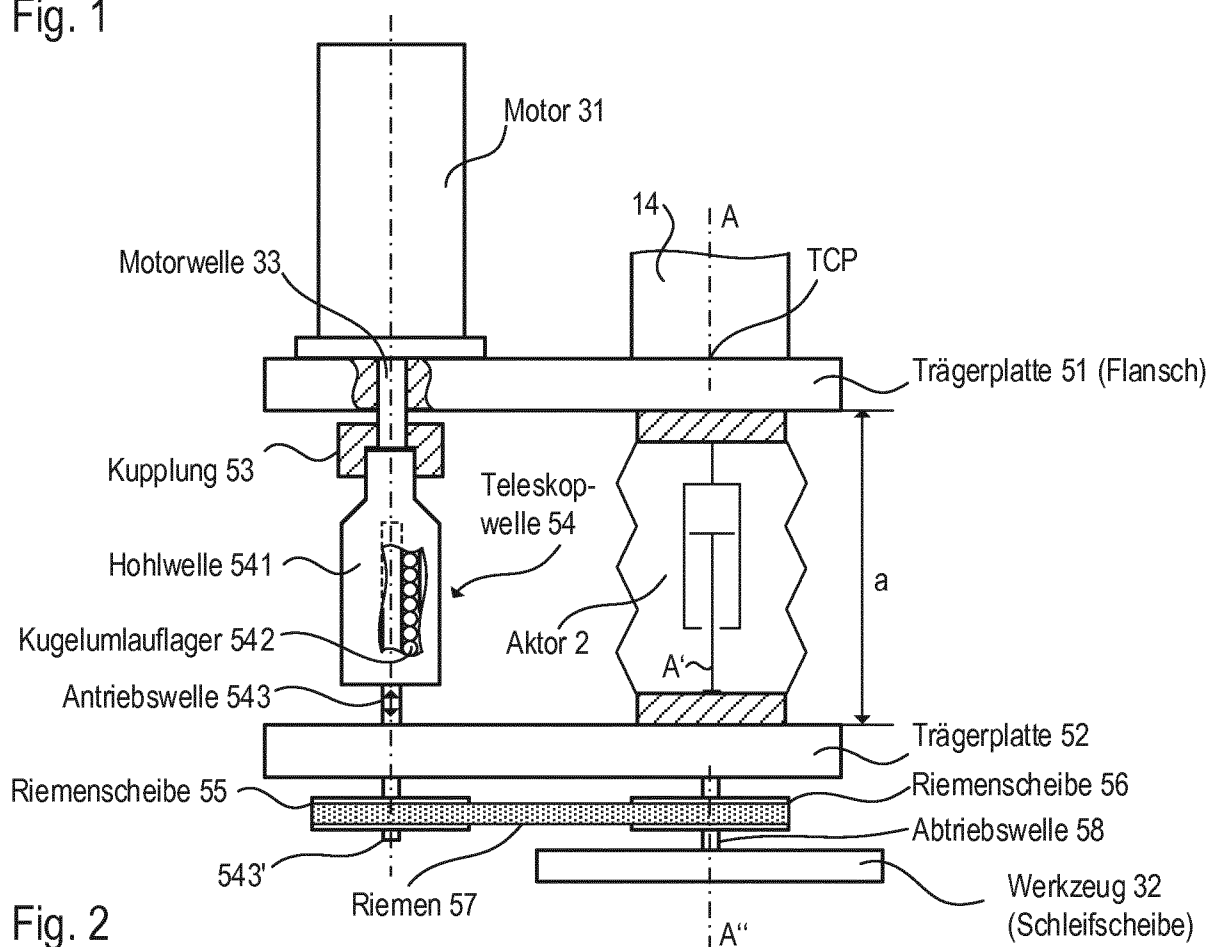


Fig. 2

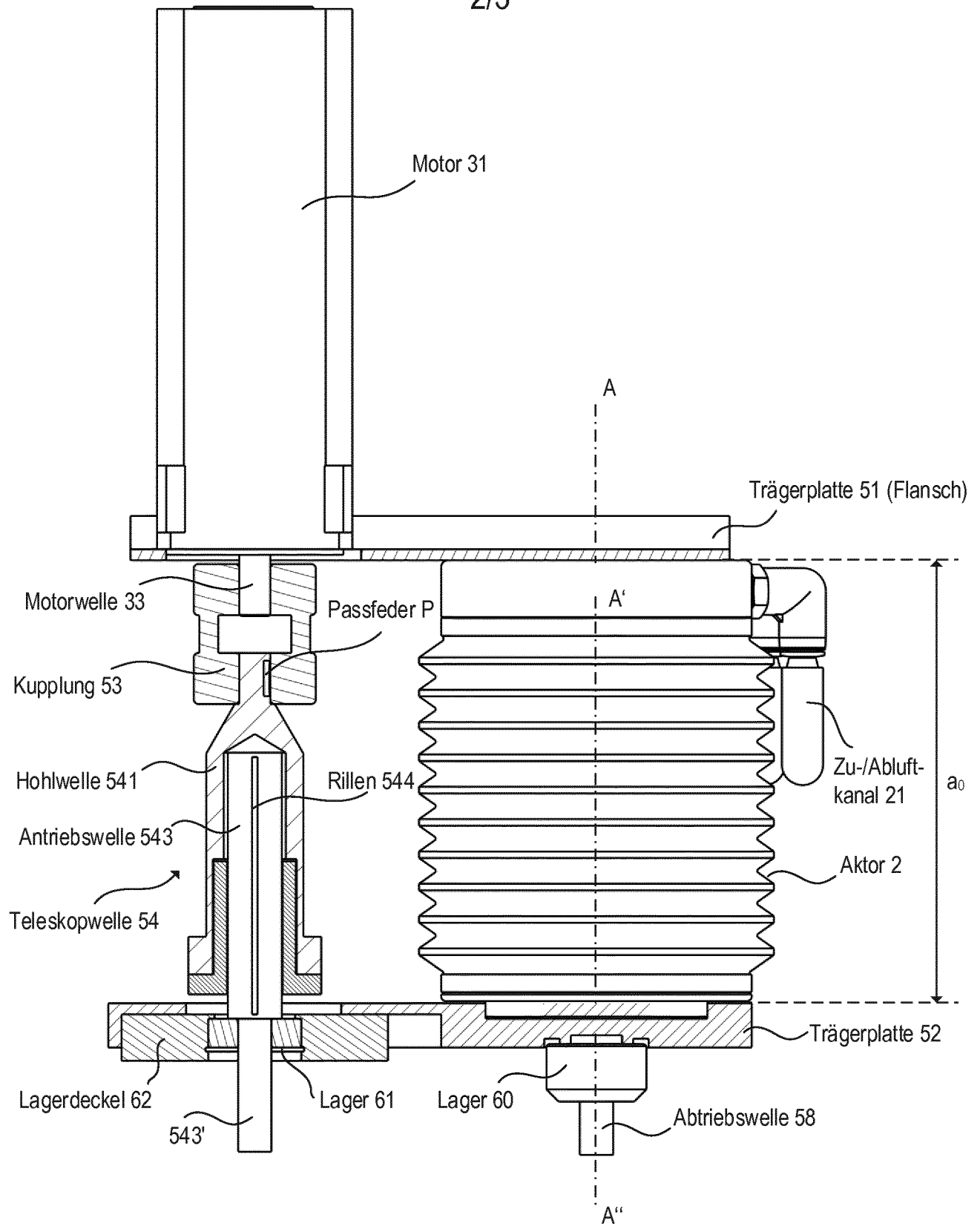


Fig. 3

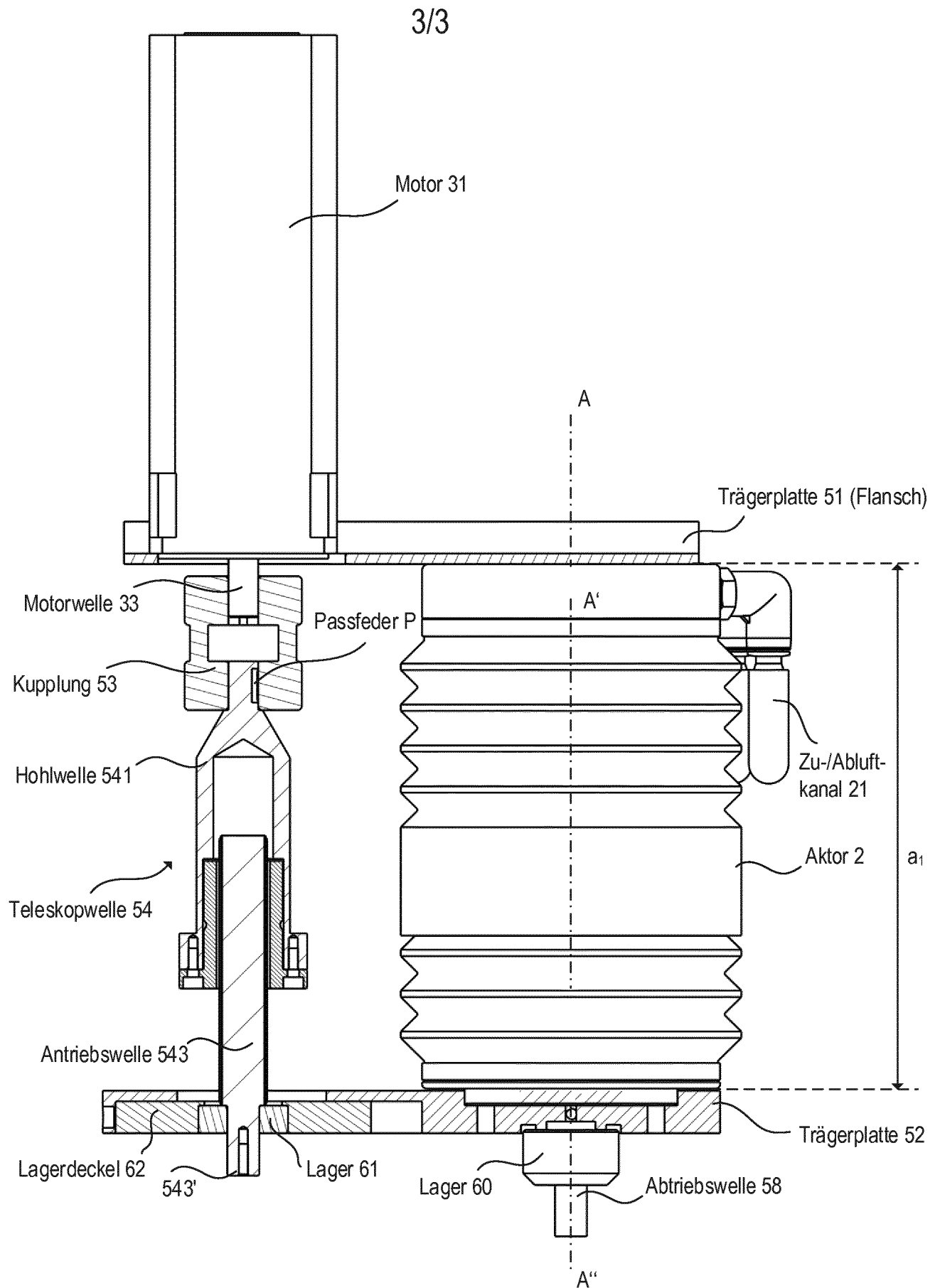


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/074327

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B24B27/00 B24B41/00 B25J11/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B24B B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2011 006679 A1 (FERROBOTICS COMPLIANT ROBOT TECHNOLOGY GMBH [AT]) 20 September 2012 (2012-09-20) the whole document -----	1-12
A	CN 105 196 296 A (JIANGSU HUIBO ROBOTICS TECHNOLOGY CO LTD) 30 December 2015 (2015-12-30) figures -----	1-12
A	WO 2016/145472 A1 (FERROBOTICS COMPLIANT ROBOT TECH GMBH [AT]) 22 September 2016 (2016-09-22) paragraph [0018] - paragraph [0021]; figure 1 -----	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 January 2018

Date of mailing of the international search report

09/02/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Watson, Stephanie

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/074327

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011006679 A1	20-09-2012	CN 103429400 A	04-12-2013
		DE 102011006679 A1	20-09-2012
		EP 2686142 A1	22-01-2014
		JP 5701410 B2	15-04-2015
		JP 2014508051 A	03-04-2014
		KR 20140026382 A	05-03-2014
		US 2014005831 A1	02-01-2014
		US 2016271797 A1	22-09-2016
		WO 2012123552 A1	20-09-2012

CN 105196296 A	30-12-2015	NONE	

WO 2016145472 A1	22-09-2016	DE 102015104164 A1	22-09-2016
		WO 2016145472 A1	22-09-2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B24B27/00 B24B41/00 B25J11/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B24B B25J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2011 006679 A1 (FERROBOTICS COMPLIANT ROBOT TECHNOLOGY GMBH [AT]) 20. September 2012 (2012-09-20) das ganze Dokument -----	1-12
A	CN 105 196 296 A (JIANGSU HUIBO ROBOTICS TECHNOLOGY CO LTD) 30. Dezember 2015 (2015-12-30) Abbildungen -----	1-12
A	WO 2016/145472 A1 (FERROBOTICS COMPLIANT ROBOT TECH GMBH [AT]) 22. September 2016 (2016-09-22) Absatz [0018] - Absatz [0021]; Abbildung 1 -----	1-12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Januar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/02/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Watson, Stephanie

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/074327

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011006679 A1	20-09-2012	CN 103429400 A	04-12-2013
		DE 102011006679 A1	20-09-2012
		EP 2686142 A1	22-01-2014
		JP 5701410 B2	15-04-2015
		JP 2014508051 A	03-04-2014
		KR 20140026382 A	05-03-2014
		US 2014005831 A1	02-01-2014
		US 2016271797 A1	22-09-2016
		WO 2012123552 A1	20-09-2012

CN 105196296 A	30-12-2015	KEINE	

WO 2016145472 A1	22-09-2016	DE 102015104164 A1	22-09-2016
		WO 2016145472 A1	22-09-2016
