



(10) **DE 10 2012 214 094 B3** 2013.08.14

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 214 094.8**
(22) Anmeldetag: **08.08.2012**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.08.2013**

(51) Int Cl.: **B25J 17/00 (2013.01)**

Innerhalb von drei 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:
**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147, Köln, DE**

(74) Vertreter:
von Kreisler Selting Werner, 50667, Köln, DE

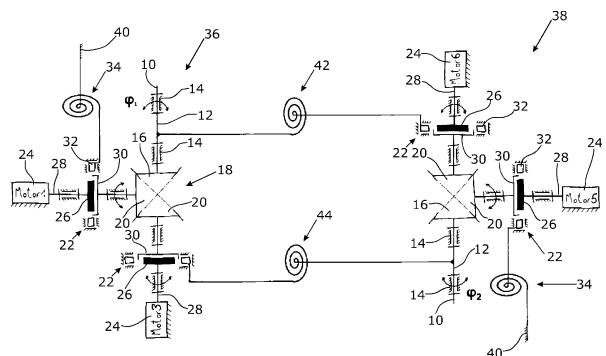
(72) Erfinder:
Höppner, Hannes, Dr., 80687, München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2006 016 958 A1
DE 10 2009 000 261 A1

(54) Bezeichnung: **Roboter-Gelenksystem**

(57) Zusammenfassung: Ein Roboter-Gelenksystem, bei dem es sich um ein biartikuläres Roboter-Gelenksystem handelt, weist zwei Gelenkeinrichtungen (36, 38) auf. Jede Gelenkeinrichtung (36, 38) weist ein Gelenk (10) auf, das über eine Antriebswelle (12) mit einer Getriebeeinrichtung (18) verbunden ist. Ferner sind zwei Antriebsmotoren (24) jeweils unter Zwischenschaltung eines Untersetzungsgetriebes (22) mit der Getriebeeinrichtung (18) verbunden. Mit einem der beiden Untersetzungsgetriebe (22) ist ferner eine Energiespeichereinrichtung (34) verbunden. Zur Ausbildung eines biartikulären Roboter-Gelenksystems ist mit den beiden Gelenkeinrichtungen (36, 38) eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung (42, 44) verbunden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Roboter-Gelenksystem.

[0002] Moderne Roboter-Gelenksysteme weisen eine passive Nachgiebigkeit auf. Durch eine derartige passive Nachgiebigkeit eines Gelenks bewirken Stöße oder Kollisionen nicht unmittelbar ein Beschädigen des Gelenks, da eine gewisse Nachgiebigkeit besteht. Insbesondere ist hierbei eine Einstellung der Steifigkeit, d.h. eine sogenannte variable Steifigkeit möglich. Bei bekannten Roboter-gelenken erfolgt dies durch das Vorsehen von zwei Seilzügen, in denen jeweils eine nicht lineare Feder integriert ist. Jeder Seilzug ist mit einem gesonderten Motor gekoppelt. Durch das Vorsehen der nicht linearen Federn ist auf mechanischem Wege, d.h. ohne die Implementierung von regelungstechnischen Bauteilen eine passive Nachgiebigkeit realisiert. Derartige Gelenksysteme sind beispielsweise aus der DE 10 2006 016 958 A1 und der DE 10 2009 000 261 A1 bekannt.

[0003] Ein bekanntes monoartikuläres Roboter-Gelenk ist schematisch in [Fig. 1](#) dargestellt. Hierbei ist ein Gelenk **10** mit einer Antriebswelle **12** verbunden, die in zwei Lagern **14** gelagert ist. Die Antriebswelle **12** ist mit einem ersten Kegelrad **16** eines Kegelradgetriebes **18** verbunden. Die beiden weiteren Kegelräder **20** sind jeweils unter Zwischenschaltung eines Untersetzungsgetriebes **22** mit einem Antriebsmotor **24** verbunden. Bei dem Untersetzungsgetriebe **22** handelt es sich um ein Harmonic-Drive-Getriebe, dessen sogenannter Wave Generator **26** jeweils mit der Antriebswelle **28** des Motors **24** verbunden ist. Der insbesondere elliptisch ausgebildete Wave Generator wirkt mit dem sogenannten Flex Spline zusammen. Hierbei wird die elliptische Form des Wave Generators auf den Flex Spline übertragen. Der Flex Spline **30** weist eine Außenverzahnung auf, die in einen starren Circular Spline **32** eingreift. Hierbei weist eine Innenverzahnung des Circular Splines **32** eine, insbesondere um zwei Zähne größere Zahnanzahl als die Außenverzahnung des Flex Spline **30** auf. Eine Besonderheit der Ausgestaltung der verwendeten Harmonic-Drive-Getriebe **22** besteht darin, dass das Circular Spline **32** drehbar gelagert ist. Die beiden Circular Splines **32** sind mit einer als Energiespeichereinrichtung dienenden nicht linearen Feder **34** verbunden.

[0004] Eine Drehung des Gelenks um das Gelenk **10** um die Antriebswelle **12** kann somit durch unterschiedliches Ansteuern der Motoren **24** erfolgen. Durch ein Speichern von Energie, d.h. durch ein Spannen der nicht linearen Feder **34**, kann die Steifigkeit des Gelenks **10** eingestellt werden. Wird nun beispielsweise durch eine Kollision ein Moment am Abtrieb des Gelenks **10** eingeleitet, so wird dieses

über die Circular Splines **32** auf die Feder übertragen, wobei das Spannen der Feder eine Energiespeicherung bewirkt. Das Gelenk bewegt sich hierbei aus seiner Gleichgewichtslage. Beim Wegfall des externen Moments am Abtrieb des Gelenks **10** bewegt sich die Feder in ihre Ursprungslage zurück. Somit bewegt sich auch das Gelenk **10** wieder in seine Ursprungslage zurück. Es lässt sich insofern ein Gleichgewichtspunkt über dem gesamten Gelenkwinkelraum einstellen. Durch eine entsprechende Auslegung der nicht linearen Feder kann ein Anpassen des Gelenks erfolgen.

[0005] Das anhand [Fig. 1](#) schematisch beschriebene monoartikuläre Gelenksystem weist gegenüber anderen bekannten Roboter-gelenken mit Seilzügen den Vorteil auf, dass die Problematik des Schlupfs sowie die Erforderlichkeit des Nachspannes der Seile nicht besteht. Gegenüber pneumatischen Antrieben weist ein Antrieb mit Elektromotoren unter Zwischenschaltung von Getrieben den Vorteil auf, dass pneumatische Antriebe eine aufwändige Steuerung erforderlich machen und eine Reaktion erst ab einem gewissen Schwellendruck erfolgt.

[0006] Von menschlichen Gelenken sind neben monoartikulären Gelenken und entsprechend monoartikulären Muskeln auch sogenannte biartikuläre Muskeln bekannt. Biartikuläre Muskeln bewegen zwei Gelenke. Ein Beispiel hierfür ist der Bizeps und der Trizeps im Oberarm des Menschen. Durch biartikuläre Muskeln kann die Stabilität bei äußeren unvorhersehbaren Störungen, sogenannten Perturbationen verbessert werden. Ferner ist es durch biartikuläre Muskeln möglich, Energie von einem Gelenk in das andere zu übertragen. Des Weiteren sind biartikuläre Muskeln beim Menschen maßgeblich an der Variierung von Größe und Ausrichtung der sogenannten Steifigkeitsellipse beteiligt. Durch derartige biartikuläre Muskeln ist der Mensch fähig, diese Steifigkeitsellipse bezüglich der Ausprägung externer Perturbationen in ihrer Größe, Form und Orientierung entsprechend anzupassen. Diese Zusammenhänge sind insbesondere beschrieben in:

- Franklin DW, Burdet E, Osu R, Kawato M, Milner TE (2003): "Functional significance of stiffness in adaption of multijoint arm movements in stable and unstable environments"; Exp Brain Res 151: 145–157;
- Franklin, D. W., Liaw, G., Milner, T. E., Osu, R., Burdet, E., and Kawato, M. (2007), "Endpoint stiffness of the arm is directionally tuned to instability in the environment."; Journal of Neuroscience, 27 (29), 7705–7716, 0270–6474; und
- A. V. Voronov (2004), "The roles of Monoarticular and Biarticular Muscles of the Lower Limbs in Terrestrial Locomotion", Journal of Human Physiology, Vol. 30, No. 4, 2004, pp. 476–484.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Roboter-Gelenksystem zu schaffen, das auf einfache Weise eine variable Steifigkeit aufweist, wobei vorzugsweise zwischen zwei Gelenken Energie übertragen werden kann.

[0008] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch ein Roboter-Gelenksystem gemäß Anspruch 1.

[0009] Das erfindungsgemäße Roboter-Gelenksystem weist zwei Gelenkeinrichtungen auf. Jede der Gelenkeinrichtungen weist ein Gelenk auf, das über eine Antriebswelle mit einer Getriebeeinrichtung verbunden ist. Ferner weist jede Gelenkeinrichtung zwei Antriebsmotoren auf, die mit der Getriebeeinrichtung verbunden sind. Zwischen den beiden Antriebsmotoren und der Getriebeeinrichtung ist jeweils ein Untersetzungsgetriebe angeordnet. Ferner weist jede Gelenkeinrichtung eine Energiespeichereinrichtung auf, die jeweils mit einem der beiden Untersetzungsgetriebe verbunden ist.

[0010] Zur erfindungsgemäßen Ausbildung einer Grundform eines biartikulären Roboter-Gelenksystems sind die beiden Gelenkeinrichtungen über eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung miteinander verbunden. Durch das Vorsehen der Zusatz-Energiespeichereinrichtung zwischen den beiden Gelenkeinrichtungen kann eine Energieübertragung von einer Gelenkeinrichtung auf die andere und somit von einem Gelenk auf das andere erfolgen. Zusätzlich kann jede Gelenkeinrichtung aufgrund der jeweils vorgesehenen Energiespeichereinrichtung entsprechend eines monoartikulären Gelenks Energie speichern.

[0011] Vorzugsweise ist die Zusatz-Energiespeichereinrichtung derart ausgebildet, dass sie einen ersten Energiespeicher aufweist, der zwischen der Antriebswelle eines der beiden Gelenke und einem Untersetzungsgetriebe der anderen Gelenkeinrichtung angeordnet ist. Dem ersten Energiespeicher kann somit von der Antriebswelle Energie zugeführt werden. Eine weitere Zufuhr zu dem ersten Energiespeicher kann über das Untersetzungsgetriebe der anderen Gelenkeinrichtung erfolgen. Entsprechend kann von dem ersten Energiespeicher Energie an die Antriebswelle oder das Untersetzungsgetriebe abgegeben werden.

[0012] Besonders bevorzugt ist es, dass die Zusatz-Energiespeichereinrichtung zusätzlich einen zweiten Energiespeicher aufweist. Dieser ist entsprechend dem ersten Energiespeicher zwischen der Antriebswelle der einen Getriebeeinrichtung und einem Untersetzungsgetriebe der anderen Getriebeeinrichtung angeordnet. Hierbei sind die beiden Energiespeicher vorzugsweise derart angeordnet, dass jeder Energiespeicher mit unterschiedlichen Antriebswellen sowie mit unterschiedlichen Untersetzungsgetrieben

verbunden ist. Durch eine derartige Anordnung ist es möglich, dass zwischen beiden Gelenkeinrichtungen sowohl über die Antriebswelle der Gelenke als auch über die vorgesehenen Übersetzungsgetriebe Energie auf die andere Gelenkeinrichtung übertragen wird.

[0013] Selbst bei einer möglichst großen Flexibilität, insbesondere hinsichtlich der Einstellbarkeit der Steifigkeit ist es des Weiteren bevorzugt, dass die beiden Energiespeichereinrichtungen je Gelenkeinrichtung mit einem anderen Untersetzungsgetriebe verbunden sind als der erste und/ oder der zweite Energiespeicher der Zusatz-Energiespeichereinrichtung. In besonders bevorzugter Ausführungsform weist jede Gelenkeinrichtung zwei Untersetzungsgetriebe auf, wobei mit jedem der insgesamt vier Untersetzungsgetriebe entweder eine gelenkspezifische Energiespeichereinrichtung oder eine der beiden Energiespeicher der Zusatz-Energiespeichereinrichtung verbunden sind. Bei einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform ist zur Verbesserung der Bewegungsmöglichkeit der einzelnen Gelenke zumindest bei einer, insbesondere bei beiden Getriebeeinrichtungen, ein dritter Antriebsmotor vorgesehen, der vorzugsweise mit der Getriebeeinrichtung verbunden ist.

[0014] Des Weiteren ist es hierbei bevorzugt, dass zwischen dem dritten Antriebsmotor und der Getriebeeinrichtung ein drittes Untersetzungsgetriebe angeordnet ist. Durch Zwischenschalten des dritten Untersetzungsgetriebes ist es möglich, dieses mit einer Energiespeichereinrichtung, insbesondere der bereits je Gelenkeinrichtung vorgesehenen Energiespeichereinrichtung zu verbinden. Die gelenkinterne Energiespeichereinrichtung ist somit in besonders bevorzugter Ausführungsform mit zwei der insgesamt drei vorgesehenen Untersetzungsgetriebe verbunden.

[0015] Vorzugsweise ist die Getriebeeinrichtung als Kegelradgetriebe ausgebildet. Hierbei ist eines der Kegelräder insbesondere unmittelbar mit der Antriebswelle des Gelenks verbunden. Bei der Ausgestaltung einer Gelenkeinrichtung mit zwei Motoren ist es bevorzugt, dass jeweils einer der beiden Motoren unter Zwischenschaltung des Untersetzungsgetriebes mit jeweils einem weiteren Kegelrad verbunden ist. Bei der Weiterbildung der Erfindung mit einem dritten Motor, bei zumindest einer der beiden Gelenkeinrichtungen ist dieser mit einem vierten Kegelrad des Kegelradgetriebes verbunden. Die Verwendung eines Kegelradgetriebes hat insbesondere den Vorteil, dass auf einfache Weise eine Verbindung mit bis zu vier Wellen möglich ist.

[0016] Bei den verwendeten Untersetzungsgetrieben kann es sich beispielsweise um Zykloidengetriebe handeln. Diese weisen einen guten Wirkungs-

grad und einen geringen Bauraum auf. Allerdings weisen Zykloidengetriebe eine große Anzahl an bewegten Teilen und hierdurch hervorgerufenen vergleichsweise größeres Spiel auf. Bevorzugt ist daher die Verwendung von Harmonic-Drive-Getrieben. Selbstverständlich kann auch nur ein Teil der Untersetzungsgetriebe als Harmonic-Drive-Getriebe oder Zykloidengetriebe ausgebildet sein.

[0017] Bei Verwendung von Harmonic-Drive-Getrieben ist es bevorzugt, dass der äußere Circular Spline drehbar gelagert ist. Des Weiteren ist der Circular Spline vorzugsweise, je nach dem in welchem Bereich des Roboter-Gelenksystem das Getriebe angeordnet ist, mit der Energiespeichereinrichtung und/ oder der Zusatz-Energiespeichereinrichtung und/ oder dem ersten und/ oder zweiten Energiespeicher verbunden.

[0018] Als Energiespeichereinrichtung sind insbesondere mechanische Energiespeichereinrichtungen bevorzugt. Diese können beispielsweise als Kombination einer linearen Feder mit einer Kurvenscheibe ausgebildet sein. Besonders bevorzugt ist die Verwendung nicht linearer Federn als Energiespeichereinrichtung.

[0019] Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert.

[0020] Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines monoartikulären Roboter-Gelenkssystems nach dem Stand der Technik,

[0022] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen biartikulären Roboter-Gelenksystems und

[0023] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen biartikulären Roboter-Gelenksystems.

[0024] Bei der ersten in [Fig. 2](#) schematisch dargestellten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen biartikulären Antriebskonzepts handelt es sich um eine Verknüpfung zweier Gelenkeinrichtungen **36, 38**. Die beiden Gelenkeinrichtungen **36, 38** sind identisch aufgebaut. Ferner sind die Gelenkeinrichtungen **36, 38** ähnlich der anhand [Fig. 1](#) beschriebenen Gelenkeinrichtungen aufgebaut, wobei die Besonderheit darin besteht, dass die Energiespeichereinrichtung **34** nicht, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, mit den beiden Circular Splines **32** der Untersetzungsgetriebe **22** verbunden ist. Vielmehr ist die Energiespeichereinrichtung **34** mit einem Circular Spline **32**, des in [Fig. 2](#) äußeren Untersetzungsgetriebes **22** verbunden und ortsfest, beispielsweise an einem Gehäuse **40** fixiert.

Die übrigen Bauteile der beiden Gelenkeinrichtungen **36, 38** entsprechen den anhand [Fig. 1](#) beschriebenen Bauteilen und weisen daher dieselben Bezugszeichen auf. Eine weitere Besonderheit der beiden Gelenkeinrichtungen **36, 38** besteht in der Verbindung der einzelnen Komponenten mit dem Kegelradgetriebe **18**. In der dargestellten Ausführungsform ist die Antriebswelle **12** des Gelenks **10** entsprechend der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform mit dem Kegelrad **16** verbunden. Die beiden Kegelräder **20**, die unter Zwischenschaltung der Untersetzungsgetriebe **22** mit den Motoren **24** verbunden ist, sind jedoch nicht einander gegenüberliegend, sondern nebeneinander angeordnet.

[0025] Zur Ausgestaltung eines biartikulären Roboter-Gelenksystems ist eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung vorgesehen, die im dargestellten Ausführungsbeispiel einen ersten Energiespeicher **42** und einen zweiten Energiespeicher **44** aufweist. Die beiden Energiespeicher **42, 44** sind hierbei vorzugsweise als nicht lineare Federn ausgebildet. Der erste Energiespeicher **42** ist mit der Antriebswelle **12** des Gelenks **10** der Gelenkeinrichtung **36** sowie mit einem Circular Spline **32** eines Untersetzungsgetriebes **22** der anderen Gelenkeinrichtung **38** verbunden. Im Gegensatz hierzu ist der zweite Energiespeicher **44** mit der Antriebswelle **12** des Gelenks **10** der Gelenkeinrichtung **38** und einem Circular Spline **32** eines Untersetzungsgetriebes **22** der anderen Gelenkeinrichtung **36** verbunden.

[0026] Soll beispielsweise ein Drehwinkel ϕ_1 , des in [Fig. 1](#) linken Gelenks **10** verändert werden, müssen die mit "Motor 1" und "Motor 3" bezeichneten Elektromotoren **24** gleichsinnig bewegt werden. Zusätzlich müssen die mit "Motor 5" und "Motor 6" bezeichneten Motoren der in [Fig. 2](#) rechten Gelenkeinrichtung **38** derart angetrieben werden, dass sie der durch die Kopplung der beiden Gelenke **10** hervorgerufenen Steifigkeitsveränderung entgegenwirken. Dies ist erforderlich, um zu verhindern, dass der Drehwinkel ϕ_1 des in [Fig. 2](#) rechten Gelenks **10** verändert wird.

[0027] Soll hingegen nur die Steifigkeit des Roboter-Gelenksystems verändert werden, müssen die mit "Motor 3" und "Motor 6" bezeichneten Motoren **24** gleichsinnig bewegt werden. Die beiden mit "Motor 1" und "Motor 5" bezeichneten Motoren **24** müssen hierbei gesperrt werden.

[0028] Bei dem in [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsbeispiel besteht jedoch keine Möglichkeit die Steifigkeit der beiden monoartikulären Gelenkeinrichtungen **36, 38** für jedes Gelenk **10** gesondert einzustellen. Dies ist bei der erweiterten in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform der Fall.

[0029] Die in [Fig. 3](#) dargestellte Ausführungsform, bei der ähnliche und identische Bauteile wiederum

mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet sind, unterscheidet sich im Wesentlichen dadurch von der in [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsform, dass zusätzlich jede Gelenkeinrichtung **36**, **38** jeweils einen dritten Antriebsmotor **24** aufweist, die mit "Motor 2" bzw. "Motor 4" bezeichnet sind. Die beiden Motoren **24**, d.h. "Motor 2" und "Motor 4" sind jeweils über ein als Harmonic-Drive-Getriebe ausgebildetes Untersetzungsgetriebe **22** mit einem vierten Kegelrad **46** verbunden. Ferner sind die jeweiligen Energiespeichereinrichtungen **34** nicht nur mit einem Circular Spline **32**, sondern auch mit dem Circular Spline **32** desjenigen Untersetzungsgetriebes **22** verbunden, das mit dem als "Motor 2" bezeichneten Motor verbunden ist. Dem Energiespeicher **34** kann somit von dem "Motor 1" sowie auch von dem "Motor 2" über die Circular Splines **32** Energie zugeführt werden. Auch über das Kegelrad **46** und das dem Kegelrad **46** gegenüberliegende Kegelrad **20** kann über die Circular Splines **32** der Energiespeichereinrichtung **34** Energie zugeführt werden. In entsprechend entgegengesetzte Richtung kann der Energiespeicher **34** Energie an das Kegelradgetriebe **18** abgeben, von dem es dann auf die Antriebswelle **12** des Gelenks **10** übertragen wird.

[0030] Entsprechendes gilt selbstverständlich bezogen auf die in [Fig. 3](#) rechte Gelenkeinrichtung **38** hinsichtlich der mit "Motor 4" und "Motor 5" bezeichneten Motoren **24**.

[0031] Die in [Fig. 3](#) dargestellte Ausführungsform weist beispielsweise hinsichtlich des in [Fig. 3](#) linken Gelenks **10** die nachfolgenden Einstellungsmöglichkeiten auf, wobei Entsprechendes auch für das in [Fig. 3](#) rechte Gelenk **10** gilt. Soll beispielsweise die mit φ_1 bezeichnete Position des linken Gelenks **10** verstellt werden, ohne jedoch die Steifigkeit beider Gelenke zu verändern, müssen die beiden als "Motor 1" und "Motor 2" bezeichneten Motoren sowie zusätzlich der mit "Motor 3" bezeichnete Motor betätigt werden. Um dabei jedoch die Steifigkeit konstant zu halten, muss der "Motor 6" ebenfalls betätigt werden, um das zwischen den beiden Kopplungen auf die beiden Gelenke **10** wirkende Moment konstant zu halten. Die mit "Motor 4" und "Motor 5" bezeichneten Motoren **24** werden hierbei gesperrt. Sofern die Steifigkeit der biartikulären Kopplung verändert werden soll, ohne hierbei die beiden Gelenke **10** zu bewegen, müssen die mit "Motor 1, 2, 4 und 4" bezeichneten Motoren **24** gesperrt und die mit "Motor 3 und 6" bezeichneten Motoren gleichsinnig bewegt werden.

[0032] Sofern nur die Steifigkeit der monoartikulären Feder des in [Fig. 3](#) linken Gelenks **10** verändert werden soll, müssen die mit "Motor 1" und "Motor 2" bezeichneten Motoren gegensinnig bewegt werden. Alle anderen Motoren müssen gesperrt werden.

[0033] Selbstverständlich sind verschiedene Kombinationen der vorstehend beschriebenen Einzelbewegungen der Motoren mit entsprechendem Einfluss auf die mono- und biartikuläre Steifigkeit sowie die Position der Gelenke möglich.

Patentansprüche

1. Roboter-Gelenksystem, mit zwei Gelenkeinrichtungen (**36**, **38**) mit jeweils – einem Gelenk (**10**), dessen Antriebswelle (**12**) mit einer Getriebeeinrichtung (**18**) verbunden ist, – zwei Antriebsmotoren (**24**), die jeweils unter Zwischenschaltung jeweils eines Untersetzungsgetriebes (**22**) mit der Getriebeeinrichtung (**18**) verbunden sind und – einer mit einem der beiden Untersetzungsgetriebe (**22**) verbundenen Energiespeichereinrichtung (**34**) und – einer mit beiden Gelenkeinrichtungen (**36**, **38**) verbundenen Zusatz-Energiespeichereinrichtung (**42**, **44**).
2. Roboter-Gelenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatz-Energiespeichereinrichtung einen ersten Energiespeicher (**42**) aufweist, der zwischen der Antriebswelle (**12**) der einen Gelenkeinrichtung (**36**) und einem Untersetzungsgetriebe (**22**) der anderen Gelenkeinrichtung (**38**) angeordnet ist.
3. Roboter-Gelenksystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatz-Energiespeichereinrichtung einen zweiten Energiespeicher (**44**) aufweist, der zwischen der Antriebswelle (**12**) der einen Gelenkeinrichtung (**38**) und einem Untersetzungsgetriebe (**22**) der anderen Gelenkeinrichtung (**36**) angeordnet ist.
4. Roboter-Gelenksystem nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiespeichereinrichtung (**34**) und der erste Energiespeicher (**42**) und/ oder der zweite Energiespeicher (**44**) mit unterschiedlichen Untersetzungsgetrieben (**22**) verbunden sind.
5. Roboter-Gelenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Getriebeeinrichtung (**18**) einer, insbesondere beider Gelenkeinrichtungen (**36**, **38**) jeweils mit einem dritten Antriebsmotor (**24**) verbunden ist.
6. Roboter-Gelenksystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem dritten Antriebsmotor (**24**) und der Getriebeeinrichtung (**18**) ein drittes Untersetzungsgetriebe (**22**) angeordnet ist.
7. Roboter-Gelenksystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Untersetzungsgetriebe (**22**) mit einer Energiespeichereinrichtung, ins-

besondere der Energiespeichereinrichtung (34) der entsprechenden Getriebeeinrichtung (36, 38) verbunden ist.

8. Roboter-Gelenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Getriebeeinrichtung (18) als Kegelradgetriebe ausgebildet ist, wobei mit einem ersten Kegelrad (16) die Antriebswelle (12) des Gelenks (10), mit einem zweiten und dritten Kegelrad (20) jeweils einer der beiden Antriebsmotoren (24) und vorzugsweise mit einem vierten Kegelrad (46) der dritte Antriebsmotor (24) verbunden ist.

9. Roboter-Gelenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Untersetzungsgetriebe (22) zumindest teilweise als Harmonic-Drive-Getriebe ausgebildet sind, wobei vorzugsweise der Circular Spline (32) des Harmonic-Drive-Getriebes mit einer Energiespeichereinrichtung (34) bzw. der Zusatz-Energiespeichereinrichtung (42, 46) bzw. dem ersten Energiespeicher (42) und/ oder dem zweiten Energiespeicher (44) verbunden ist.

10. Roboter-Gelenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiespeichereinrichtung (34) und/ oder die Zusatz-Energiespeichereinrichtung (42, 44) und/ oder der erste Energiespeicher (42) und/ oder der zweite Energiespeicher (44) eine nicht lineare Feder zur Energiespeicherung aufweisen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

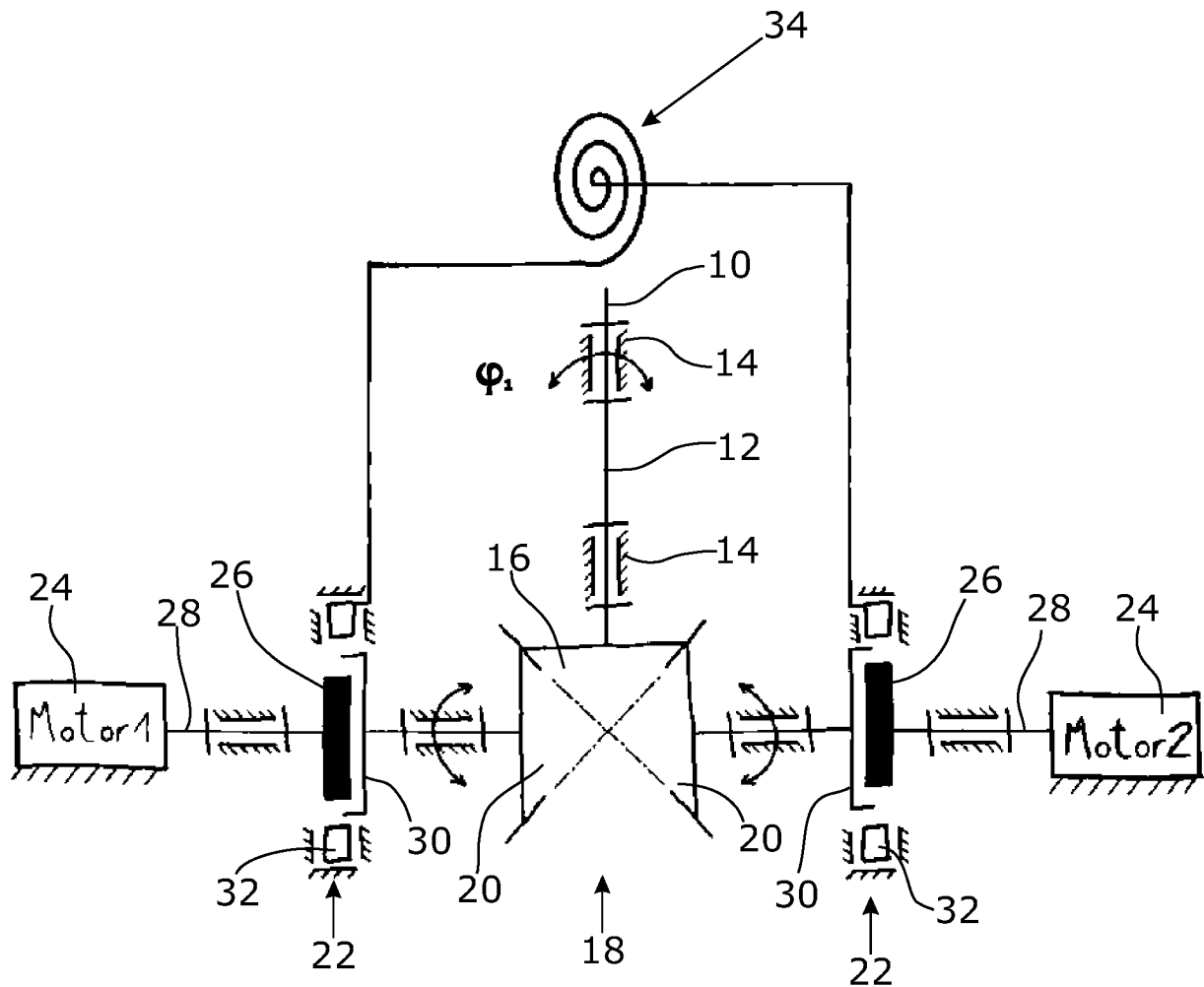


Fig.1
(Stand der Technik)

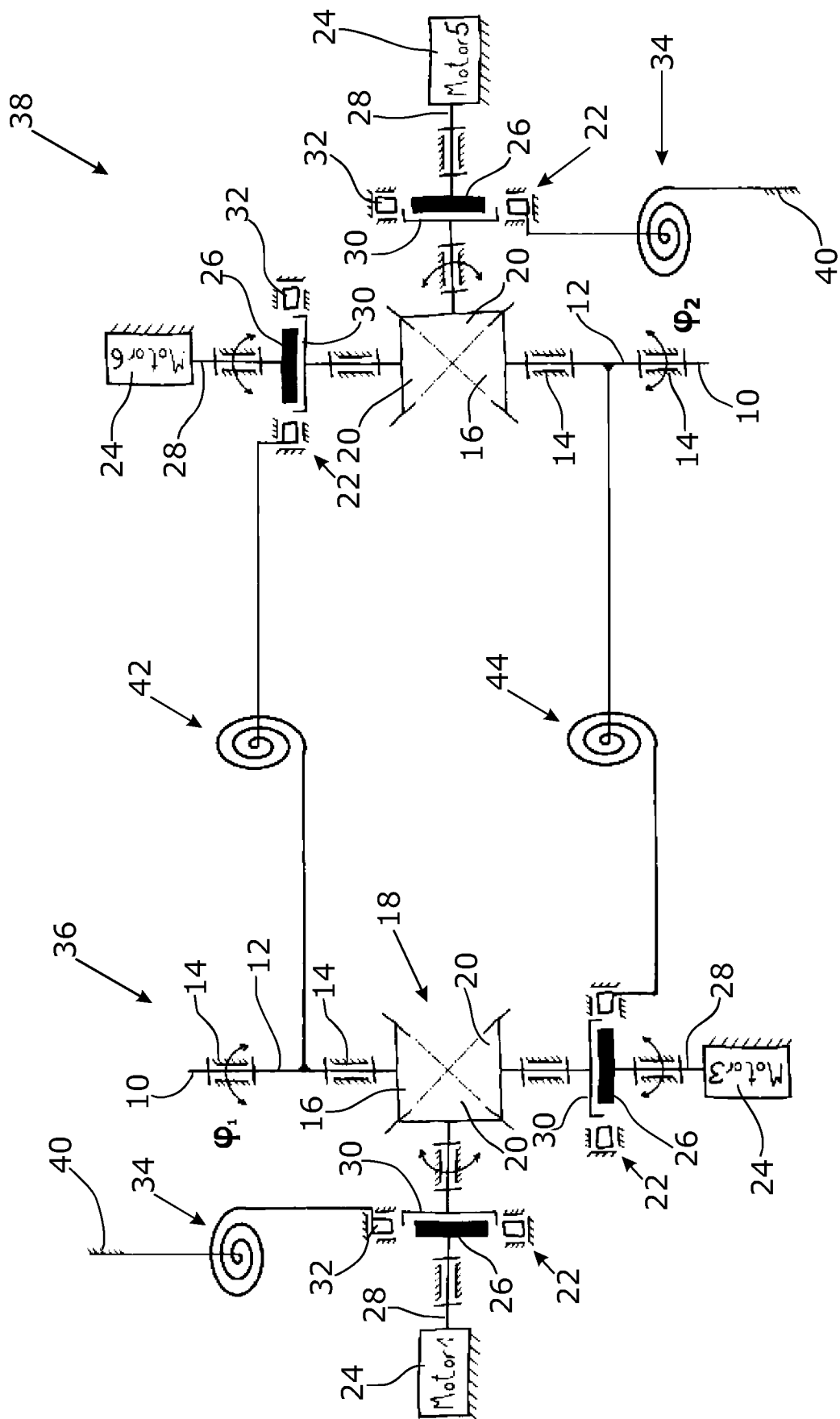


Fig.2

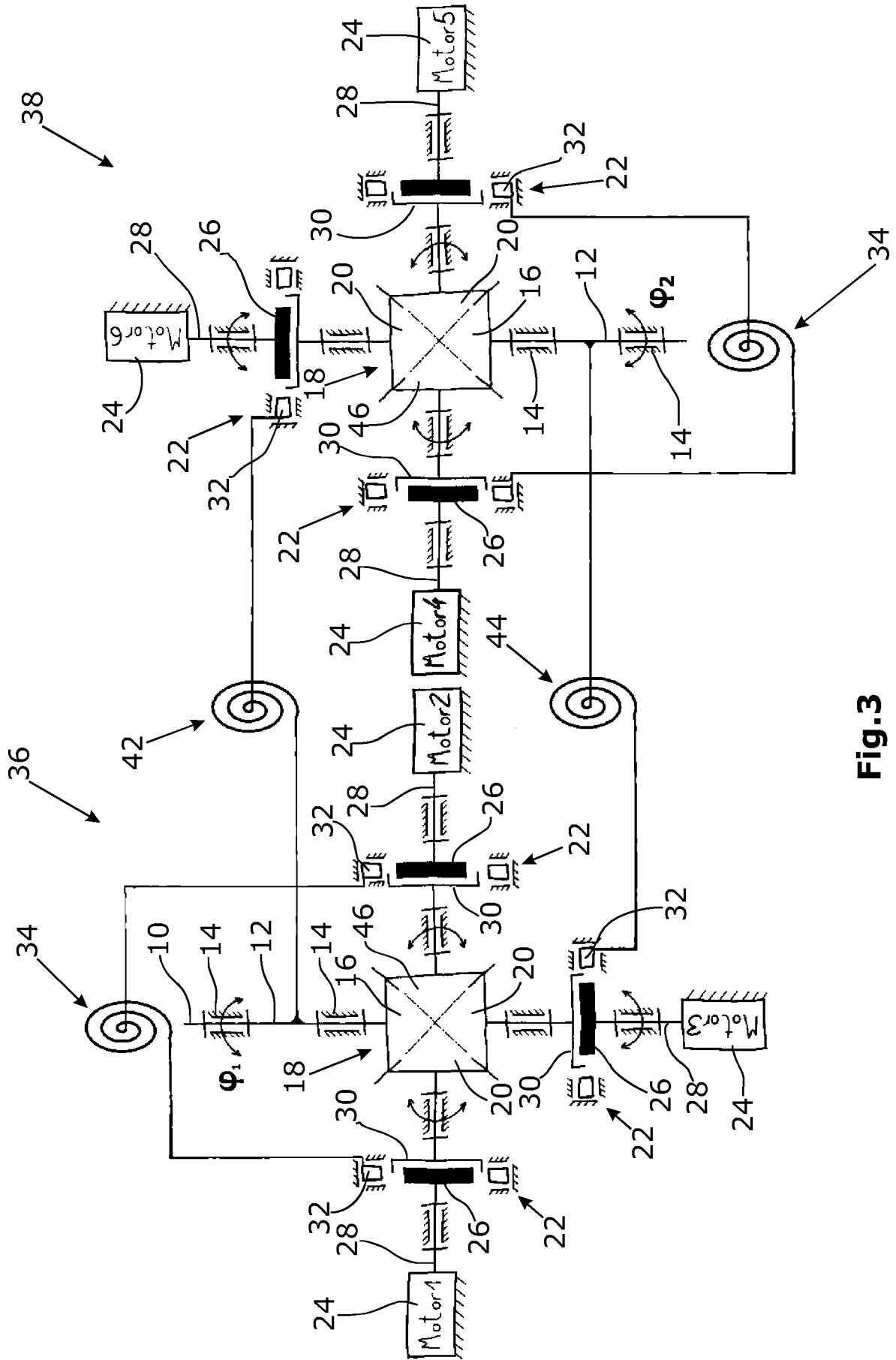


Fig.3