



(10) **DE 10 2008 014 288 B4** 2011.04.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 014 288.3**
(22) Anmeldetag: **11.03.2008**
(43) Offenlegungstag: **16.10.2008**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.04.2011**

(51) Int Cl.⁸: **F16H 21/46 (2006.01)**
B01F 11/00 (2006.01)

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).

(66) Innere Priorität:
20 2007 004 384.8 20.03.2007
20 2007 005 157.3 02.04.2007

(73) Patentinhaber:
Weiler, Nikolaus, 10437 Berlin, DE

(74) Vertreter:
**24IP Law Group Sonnenberg Fortmann, 10117
Berlin**

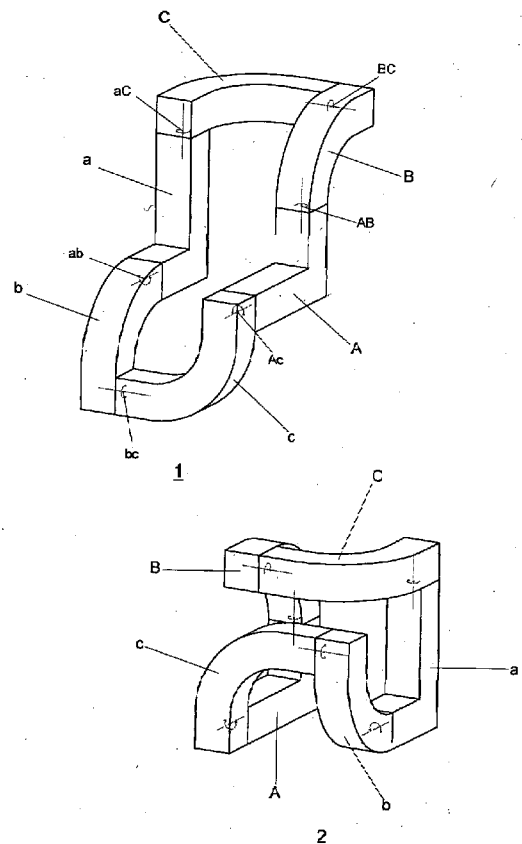
(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

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

DE	38 16 654	A1
CH	1 73 832	A
US	36 10 587	A
WO	93/16 894	A1

JP 63-0 38 755 A (Abstract)

(54) Bezeichnung: **Räumlich beweglicher Mechanismus**



(57) Hauptanspruch: Räumlich beweglicher Mechanismus bestehend aus sechs Formkörpern, wobei die Formkörper mittels sechs Drehgelenken zu einer geschlossenen beweglichen Kette verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Kette aus zwei oder drei verschiedenen geformten Formkörpern gebildet ist und gegenüberliegende Formkörper (A, a) gleich sind.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen räumlich beweglichen Mechanismus.

[0002] Es gibt wenige bewegliche geschlossene räumliche Mechanismen. Daher kennen Wirtschaft und Industrie diese auch weitgehend nicht oder sie beachten sie nicht, weil eine Weiterentwicklung zu praktischen Anwendungen sehr kostspielig und aufwendig erscheint.

[0003] Es gibt zwei bewegliche geschlossene räumliche Mechanismen, die technisch angewendet werden. Es ist das bekannte doppelte Kardangelenke aus dem 17. Jahrhundert und der Umstülpungsmechanismus von Paul Schatz (1929) gemäß der CH 173832. Der offenbarte Mechanismus besteht aus sechs gleichen Gliedern (Tetraedern), die mit Scharniergelenken verbunden sind. Seine Bewegungsstruktur ist symmetrisch und wird von zwei gleichen Drehzyklen mit gleichem Drehwinkel seiner sechs Gelenke bestimmt. Die Bewegungskurven dieses Systems sind kreisförmig.

[0004] Nach der Offenbarung der US 3,610,587 ist das in der CH 173832 offenbarte Prinzip weiterentwickelt worden zu einem räumlichen Mischer (Turbula) und zu einem Gewässerumwälzungsrührer (Oloid). Der Umstülpungsmechanismus mit Platonischen Körpern und Scharniergelenken ist in der Folgezeit noch vielfältig untersucht worden. Es entstand eine Reihe von verschiedenen Kaleidoszyklen, die nach dem gleichen Prinzip aufgebaut sind.

[0005] In der DE 38 16 654 A1 wird ein räumlich geschlossener Mechanismus offenbart, welcher mittels Drehgelenken verbundene – gleiche – Glieder (Formkörper im Sinne der vorliegenden Erfindung) aufweist. Die Konstruktionsart beruht auf den verschiedenen Kanten eines Würfels und umschließt zwei Seiten des Würfels. Bei der resultierenden Bewegung handelt es sich um eine Umschwenkbewegung, bei der der Bewegungsablauf darauf begrenzt ist, die Grundform (L-Form) sechsmal zu wiederholen.

[0006] Die JP 63038755 A offenbart einen räumlich beweglichen Mechanismus mit sechs Formkörpern. Drei verschiedene Formkörper sind mittels Drehgelenken verbunden, wobei gegenüberliegende Formkörper nicht gleich sind. Im Ergebnis erlaubt ein Mechanismus gemäß der JP 63038755 A lediglich eine Hin und Herbewegung (lineare Bewegung in zwei Richtungen).

[0007] In der WO 93/16894 A1 wird ebenfalls lediglich ein Mechanismus mit Scharniergelenken in zwei Ebenen offenbart. Aus der Konstruktion gemäß der WO 93/16894 A1 folgt ebenfalls eine lineare Bewegung in zwei Richtungen. Es handelt sich um eine Kombination von ebenen Gelenken. Gegenüberliegende Formkörper haben zudem nicht die gleiche Form.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung Alternativen an beweglich räumlich geschlossenen Mechanismen zur Verfügung zu stellen. Weiterhin sollen die komplexen Strukturen und Entwicklungen von solchen Mechanismen durch dreidimensionale Modulbau- und Konstruktionstechnik vereinfacht werden, um sie so Technik und Industrie zugänglich zu machen.

[0009] Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung durch die in den selbstständigen Patentansprüchen genannten Merkmale.

[0010] Erfindungsgemäß soll unter einer Gesamtbewegung eines räumlich beweglichen, geschlossenen Mechanismus die Bewegung verstanden werden, innerhalb derer sich der Mechanismus von einer Ausgangsposition über verschiedene Zwischenpositionen wieder in die Ausgangsposition bewegt.

[0011] Die Gesamtbewegung kann in definierte Drehzyklen der Gelenke unterteilt werden. Somit wird erfindungsgemäß mit einem Drehzyklus ein festes Bewegungsmuster eines Gelenks oder Formkörpers innerhalb der Gesamtbewegung bezeichnet.

[0012] Unter einer Kette wird im Sinne der vorliegenden Erfindung die in sich geschlossene Verbindung von Formkörpern mittels Gelenken verstanden.

[0013] Die Bewegung eines erfindungsgemäßen räumlich-beweglichen Mechanismus ist zyklisch und zwangsläufig. Nach einer Vielzahl von Raum- und Gestaltveränderungen kehrt er in seine Ausgangsstellung zurück. Die Drehung an einem Gelenk erzwingt die Drehung an anderen und umgekehrt. Der räumliche Mechanismus wird als übergeschlossen bezeichnet, weil die Anzahl seiner Formkörper gleich der seiner Gelenke ist. Nach

kinematischen Grundsätzen beträgt sein Freiheitsgrad Null und müsste unbeweglich sein. Er ist in beide Richtungen endlos vorwärts und rückwärts drehbar.

[0014] Ein Formkörper ist technisch gesehen ein starrer dreidimensionaler Körper, der zwei Rotationsflächen mit darauf senkrecht stehenden Gelenkachsen besitzt. Seine Rotationsflächen stehen in einem bestimmten Winkel und einem bestimmten Abstand zueinander. Gleiche Formkörper im Sinne der vorliegenden Erfindung sind Formkörper, die in technischer Hinsicht gleich sind, d. h. Winkel und Abstand der Rotationsachsen sind gleich ausgestaltet, wobei die Formgebung gleicher Formkörper durchaus verschieden sein kann. Ein Formkörper wird so direkt über seine zwei Gelenkachsen gedreht und zusätzlich durch die gleichzeitigen zwangsläufigen Drehungen der anderen Gelenke räumlich verschoben. Die Bewegung des räumlichen Mechanismus wird durch die Drehzyklen seiner Gelenke bestimmt. Diese drehen sich im Sinne der Erfindung pendelartig abwechselnd im und gegen den Uhrzeigersinn innerhalb bestimmter Drehwinkel (Ausnahme [Fig. 6](#) und [Fig. 11](#) mit teilweise endlos in eine Richtung drehenden Gelenken).

[0015] In der zyklischen Bewegung des räumlichen Mechanismus verändern die Formkörper und Gelenke ständig ihre Lagen im Raum, ihre Winkel und Abstände zueinander. Neben den ständigen Drehbewegungen verschieben sie ihre Schwerpunkte entlang geschlossener Raumkurven. Der räumliche Mechanismus ist vielfältig veränderbar und kann so in seiner Bewegung gesteuert werden. Veränderungen an den Winkeln und/oder an den Abständen der Rotationsflächen seiner Formkörper steuern die Drehwinkel der Gelenke, die Raumkurven und insgesamt den Aktionsraum des Mechanismus. Zwei oder mehr gleiche räumliche Mechanismen können auf verschiedene Arten miteinander verbunden werden.

[0016] Ein Antrieb mit Steuerung des räumlichen Mechanismus kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Vorzugsweise wird ein Formkörper fixiert, in dem ein Motor mit Steuerungssystem die Gelenke der beiden angrenzenden Formkörper in ihren Drehwinkeln dreht. Möglich ist auch ein scherenartiger Antrieb an einer fixierten Gelenkachse, an der die zwei angrenzenden Formkörper gegen- und zueinander gedreht werden. Bei dieser Antriebsart sind alle Formkörper in Bewegung und halten die sich ständig ändernde Gestalt des Mechanismus im Gleichgewicht der dabei auftretenden Kräfte. Mit den Händen ist er mit allen Formkörpern auf vielfältige Weise drehbar. Insgesamt können die Bewegungsabläufe des räumlichen Mechanismus vollständig oder Teilbereiche davon genutzt werden.

[0017] Ein erfindungsgemäßer räumlicher Mechanismus besteht vorzugsweise aus sechs Formkörpern, die mit sechs Drehgelenken zu einer geschlossenen Kette verbunden sind. Die Drehzyklen seiner Drehgelenke, die sich in der Kette gegenüberliegen, sind gleich. Er kann aus gleichen, aus zwei oder drei verschiedenen Formkörpern bestehen – besteht er aus verschiedenen, sind die sich in der Kette gegenüberliegenden Formkörper gleich ([Fig. 1–Fig. 7](#)). Alle räumlich beweglichen Mechanismen aus sechs Formkörpern und sechs Drehgelenken ([Fig. 1–Fig. 7](#)), sind durch Einfügen eines weiteren Formkörpers zu räumlich beweglichen Mechanismen mit sieben Formkörpern und sieben Drehgelenke erweiterbar. Die Drehzyklen der sieben Drehgelenke sind in ihrem zeitlichen Ablauf alle verschieden ([Fig. 13–Fig. 15](#)). Räumliche Mechanismen aus sieben Formkörper sind sehr vielseitig veränderbar. Sie können aus bis zu sieben verschiedenen Formkörpern bestehen. Möglich sind auch räumliche Mechanismen aus sechs Formkörpern, die mit verschiedenen Arten von Gelenken verbunden sind. ([Fig. 8–Fig. 10](#))

[0018] Erfindungsgemäße räumliche Mechanismen können in alten Bereichen, in denen es um räumliche Bewegung geht, mit Vorteil Anwendung finden. Ihre Formkörper können je nach Zweck und Funktion unterschiedlich gestaltet werden. Sie können im Bewegungsbereich des Menschen, insbesondere der Schulung seines Bewegungsapparates in den Bereichen Gymnastik, Rehabilitation, Sport und Spiel angewendet werden. Die Formkörper sind für diesen Zweck ergonomisch geformt, sodass man sie mit den Händen greifen kann und den räumlichen Mechanismus drehen kann.

[0019] Die Arme und der räumliche Mechanismus bilden dabei eine geschlossene Kette der Bewegung, die sich verändert je, nachdem welche Formkörper man ergreift. Finger-, Hand-, Ellbogen-, Schultergelenke und Arme werden rhythmisch bewegt. Weitergehend könnten sie als dreidimensionales logisches und konstruktives Spielzeug, welches zudem zur Schulung der Motorik geeignet ist, benutzt werden.

[0020] Eine weitere Anwendungsmöglichkeit unter Ausnutzung ihrer räumlichen Bewegungsstruktur könnte die Verwendung als Gerät zum Mischen, Rütteln oder Transportieren von Gasen, Flüssigkeiten, Pulver oder ähnlichen Stoffen sein. Zu diesem Zweck werden einige Formkörper als hohle Gefäße ausgebildet. Weitergehend könnten sie auch als räumliches Transportmittel im Sinne eines Fahrgeschäftes auf einem Jahrmarkt verwendet werden. Die interne asynchrone räumliche Wirbelstruktur, die der räumliche Mechanismus in seiner

Bewegung erzeugt, könnte in Geräten für Ventilation, Umwälzung oder Antrieb von Luft und Flüssigkeiten eine weitere Anwendung finden.

[0021] Ein erfindungsgemäßer geschlossener beweglicher Mechanismus ist sehr robust und kann Aufpralle oder Kollisionen über Verdrehungen seiner Gelenke abfangen und auf die gesamte Konstruktion verteilen. Aus diesem Grund ist ein erfindungsgemäßer Mechanismus auch, zur Aufnahme kinetischer Energie geeignet und es ist eine Verwendung in entsprechenden Bereichen, beispielsweise in Stoßfängern von Fahrzeugen möglich. Ferner können sie als Grundlage für sich entwickelnde und faltbare Strukturen (deployable structures) im Luft- und Weltraum dienen.

[0022] Weiterhin können erfindungsgemäße Mechanismen Anwendung in Gegenständen finden, welche sich durch ein bewegliches Design auszeichnen, beispielsweise bei Schmuck, Möbeln, Lampen oder Griffen.

[0023] Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den Unteransprüchen enthalten. Die Erfindung ist in den anliegenden Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben, ohne auf die konkret dargestellten Ausführungsformen beschränkt zu sein. Es zeigt:

[0024] Fig. 1: einen Aufbau eines räumlichen Mechanismus aus sechs Formkörpern, wovon drei verschieden sind,

[0025] Fig. 2: den zyklischen Bewegungsablauf des räumlichen Mechanismus aus Fig. 1 in sechs Abbildungen,

[0026] Fig. 3: eine alternative Ausführung eines räumlichen Mechanismus aus sechs Formkörpern, wovon zwei verschieden sind,

[0027] Fig. 4: ein Diagramm über die asynchrone Bewegungsstruktur der drei Drehzyklen der Drehgelenke des räumlichen Mechanismus aus Fig. 3,

[0028] Fig. 5: eine Veränderung eines räumlichen Mechanismus, der wie Fig. 3 aufgebaut ist,

[0029] Fig. 6: eine Veränderung eines räumlichen Mechanismus, der wie Fig. 1 aufgebaut ist und sich auf zwei verschiedene Arten im Raum bewegen kann,

[0030] Fig. 7: zwei Verbindungsmöglichkeiten von zwei gleichen räumlichen Mechanismen,

[0031] Fig. 8: eine besondere Ausführung eines räumlichen Mechanismus mit zwei verschiedenen Gelenkarten (vier Dreh- und zwei Scharniergelenke) und eine weitere Möglichkeit einer Mehrfachverbindung,

[0032] Fig. 9: einen räumlichen Mechanismus mit der Gelenkstruktur gemäß Fig. 8 in einer symmetrischen und asymmetrischen Ausführung,

[0033] Fig. 10: eine besondere Ausführung eines räumlichen Mechanismus mit drei verschiedenen Gelenkarten: drei Dreh-, zwei Scharnier- und ein Drehschubgelenk,

[0034] Fig. 11: eine besondere Ausführungsart eines räumlichen Mechanismus mit parallelen Bewegungsstrukturen.

[0035] Fig. 12 eine Erweiterung eines räumlichen Mechanismus aus sechs Formkörpern zu zwei verschiedenen räumlichen Mechanismen, die aus je sieben Formkörpern und sieben Drehgelenken bestehen

[0036] Fig. 13 den Bewegungsablauf eines räumlichen Mechanismus aus sieben Formkörpern

[0037] Fig. 14 Diagramme über den Verlauf von Drehbewegungen von zwei Gelenken des

[0038] Fig. 15 räumlichen Mechanismus aus Fig. 13

[0039] Der in Fig. 1 dargestellte räumliche Mechanismus besteht aus sechs Formkörpern, wovon drei verschieden sind. Sie sind mit A, B, C, a, b, c und den entsprechenden Drehgelenken AB, BC, aC, ab, bc, Ac bezeichnet. Die sich gegenüberliegenden Formkörper A und a, B und b sowie C und c sind gleich. Der Form-

körper A ist fixiert. **Abb. 2** zeigt die Zustandsform des räumlichen Mechanismus nach der Hälfte seiner zyklischen Bewegung. Die Formkörper haben sich auf die andere Seite des fixierten Formkörpers A bewegt und die Gestalt und Ausmaße des räumlichen Mechanismus verändert.

[0040] **Fig. 2** zeigt in den **Abb. 1–Abb. 6** den Bewegungsablauf des räumlichen Mechanismus aus **Fig. 1** bis zu seiner Wiederholung. Der Formkörper A ist fixiert. Gedreht wird der Formkörper B über das Gelenk AB gegen den Uhrzeigersinn in 76° Stufen. In **Abb. 4** wechselt er seine Drehrichtung und dreht nun zurück. Auf die **Abb. 6** folgt nach einer weiteren Drehung des Formkörpers B um 76° die **Abb. 1**, in der sich der Bewegungszyklus des räumlichen Mechanismus schließt. Die Gesamtbewegung des räumlichen Mechanismus wird bestimmt durch drei Drehzyklen seiner Gelenke. Der Drehzyklus des Gelenks AB ist der gleiche wie von Gelenk ab. Der Drehwinkel beträgt 228° . Der Drehzyklus der Gelenke BC und bc ist gleich, der Drehwinkel beträgt 232° . Der Drehrichtungswechsel liegt zwischen den **Abb. 3** und **Abb. 4**, sowie zwischen den **Abb. 5** und **Abb. 6**. Der Drehzyklus der Gelenke aC und Ac ist gleich, der Drehwinkel beträgt 228° . Der Drehrichtungswechsel liegt zwischen den **Abb. 2** und **Abb. 3**, sowie den **Abb. 4** und **Abb. 5**. Die drei Drehzyklen des räumlichen Mechanismus sind asynchron, die Drehrichtungswechsel innerhalb ihrer Drehwinkel sind zeitlich versetzt zueinander. Die geschlossene Raumkurve, die der Schwerpunkt des Formkörpers a beschreibt hat die gleiche Höhe, vom fixierten Formkörper A gesehen, bei den Übergängen auf die andere Seite und zurück.

[0041] **Fig. 3** zeigt eine Ausführungsart eines räumlichen Mechanismus mit zwei verschiedenen Formkörpern. Er besteht aus sechs Formkörpern, die mit D1, D2, E1, E2, E3, E4 und den entsprechenden Drehgelenken, die mit D1E1, E1E2, D2E2, D2E3, E3E4, D1E4 bezeichnet sind. Gleich sind D1 und D2, sowie E1, E2, E3 und E4. Die **Abb. 1–Abb. 8** von **Fig. 3** zeigen den zyklischen Verlauf des räumlichen Mechanismus. Der Formkörper D1 ist fixiert. Der Formkörper E1 wird über das Gelenk D1E1 in 60° Stufen gegen den Uhrzeigersinn gedreht. In **Abb. 5** ist er am Ende seines Drehwinkels von 240° und dreht jetzt im Uhrzeigersinn zurück. Nach **Abb. 8** kehrt er durch eine weitere Drehung um 60° in seine Ausgangsstellung **Abb. 1** zurück. Die Drehung des gegenüberliegenden Formkörpers E3 am Gelenk D2E3 ist die gleiche. Die Gelenke E1 E2 und E3E4 drehen sich abwechselnd in einem Drehwinkel von 214° und die Gelenke D1E4 und D2E2 von 240° . Die Drehrichtungswechsel dieser drei Drehzyklen sind zeitlich versetzt zueinander. Im Verlauf der zyklischen Bewegung des räumlichen Mechanismus bewegen sich die Formkörper zwangläufig von einer Seite des fixierten Formkörpers auf die andere und zurück. In den Übergängen streckt sich der Mechanismus in die Breite (**Abb. 2**) und in die Höhe (**Abb. 6**). Der Abstand der Formkörper D1 und D2 ist in **Abb. 6** um das 2,5fache größer als in **Abb. 2**. Der Schwerpunkt von Formkörper D2 beschreibt eine geschlossene Raumkurve, die in den Übergängen (**Abb. 2** und **Abb. 6**) aus einer flachen in eine hohe übergeht.

[0042] **Fig. 4** zeigt in dem Diagramm die drei verschiedenen Drehzyklen der Gelenke und die Stellungen innerhalb ihrer Drehwinkel im Verlauf der zyklischen und zwangläufigen Bewegung des räumlichen Mechanismus aus **Fig. 3**. Die erste Spalte entspricht der **Abb. 1**, die zweite der **Abb. 3**, die dritte der **Abb. 5**, die vierte der **Abb. 7** und die fünfte der **Abb. 1** von **Fig. 3**. Die Zeilen zeigen die Verdrehung der Gelenke und ihre aktuellen Stellungen innerhalb ihrer Drehwinkel: in Zeile 1 die Gelenke D1E1 und D2E3 mit dem Drehwinkel von 240° , in Zeile 2 die Gelenke E1E2 und E3E4 mit dem Drehwinkel von 214° , in Zeile 3 die Gelenke D2E2 und D1E4 mit dem Drehwinkel von 240° . Gedreht wird der Formkörper E1 (D1 ist fixiert) über das Gelenk D1E1 im Uhrzeigersinn (0° , -120° , -120°) und dann wieder zurück in seine Ausgangsstellung. Entsprechend dieser vorgegebenen Drehbewegung werden die daraus resultierenden zwangläufigen Drehbewegungen der beiden anderen Drehzyklen in den Spalten des Diagramms in bezug auf die Richtungen, die Richtungsänderungen, die Geschwindigkeiten und die Grade ihrer Verdrehung dargestellt. Die Tabelle gibt die Drehungen der Gelenke in Gradzahlen gemäß dem Diagramm an. Die Bezugszeichen **1**, **2**, **3** bedeuten: **1** Drehung nach rechts, **2** Drehung nach links und **3** aktuelle Positionen der Gelenke innerhalb ihrer Drehwinkel.

[0043] **Fig. 5** zeigt eine veränderte Ausführungsart eines räumlichen Mechanismus, der wie **Fig. 3** aus zwei verschiedenen Formkörpern aufgebaut ist. In den **Abb. 1–Abb. 4** ist sein Bewegungsablauf dargestellt. Er besteht aus sechs Formkörpern, die mit F1, F2, G1, G2, G3, G4 und den entsprechenden Drehgelenken, die mit F1G1, G1G2, F2G2, F2G3, F3G4, F1G4 bezeichnet sind. Gleich sind die Formkörper F1 und F2, sowie G1, G2, G3 und G4. Bei den gleichen Formkörpern G1, G2, G3 und G4 sind die Winkel der Rotationsflächen verändert worden (im Vergleich mit **Fig. 3**). Der räumliche Mechanismus greift spiralförmig ineinander. Im Vergleich mit dem räumlichen Mechanismus aus **Fig. 3** ist seine zyklische Bewegung bis zu seiner Wiederholung kleiner (290° gegenüber 480°). Die horizontale Bewegung ist erheblich kleiner, und die vertikale größer. Der Abstand von dem fixierten Formkörper F1 zu dem gegenüberliegenden Formkörper F2 ist in **Abb. 3** um das 3,2fache größer als in **Abb. 1**. Der Drehwinkel des Gelenkzyklus F1G1 und F2G3 beträgt 145° , des Gelenkzyklus G1G2 und G3G4 = 138° und des Gelenkzyklus F1G4 und F2G1 = 145° .

[0044] Fig. 6 zeigt eine veränderte Ausführungsart eines räumlichen Mechanismus, der wie Fig. 2 aus drei verschiedenen Formkörpern aufgebaut ist. Er besteht aus sechs Formkörpern, die mit H, K, L, h, k, l und den entsprechenden Drehgelenken HK, KL, Lh, hk, kl, IH bezeichnet sind. Bei den Formkörpern K, k, L und l sind die Winkel der Rotationsflächen verändert worden. Dies verändert die Bewegung des räumlichen Mechanismus im Vergleich zu Fig. 2 in Bezug auf die Drehwinkel seiner drei Drehzyklen. Die Gelenke HK und hk drehen endlos in eine Richtung, die Gelenke KL und kl drehen endlos in die entgegengesetzte Richtung, während die Gelenke HI und hL sich in einem Drehwinkel von 127° abwechselnd drehen. Die Geschwindigkeiten der beiden endlosdrehenden Gelenkzyklen sind nicht konstant zueinander. In den Abb. 1–Abb. 4 ist der Formkörper H fixiert und es dreht sich der Formkörper K jeweils um 90° im Uhrzeigersinn. Eine weitere 90° Drehung in Abb. 4 ergibt die Ausgangsstellung Abb. 1. In den Abb. 11–Abb. 14 ist der Formkörper K fixiert und es dreht sich der Formkörper H jeweils um 90° im Uhrzeigersinn. Eine weitere 90° Drehung in Abb. 14 ergibt die Ausgangsstellung Abb. 11. Diese Arten eines räumlichen Mechanismus sind auf Grund ihrer teilweise endlosen Drehzyklen leicht mit einem Motor zu betreiben. Der Bewegungsverlauf und der Aktionsraum dieses räumlichen Mechanismus ändern sich erheblich je, nachdem welcher Formkörper fixiert wird – ein Formkörper, an dem sich zwei endlos drehende Gelenke (K oder k) befinden oder ein endlosdrehendes und ein durch einen Drehwinkel begrenztes Gelenk (H, L, h oder l). In Abb. 1–Abb. 4 werden die endlosen Drehzyklen der Gelenke HK, hk, Kl und kl durch die begrenzten Drehzyklen der Gelenke HI und hL mit dem Drehwinkel 127° "geführt". Die Bewegung des Mechanismus findet in der rechten und vorderen Raumhälfte des fixierten Formkörpers statt. Der Formkörper h beschreibt eine geschlossene Raumkurve in der rechten Raumhälfte. In Abb. 11–Abb. 14 befinden sich an den Gelenkachsen des jetzt fixierten Formkörpers K zwei gegeneinander drehende endlose Drehzyklen der Gelenke HK und KL. Dies bewirkt, dass der räumliche Mechanismus sich um seinen fixierten Formkörper K bewegt. Der Formkörper k beschreibt mit seinem Schwerpunkt eine geschlossene Raumkurve um den fixierten Formkörper K. Die Abstände der Formkörper B und b, gemessen an ihren Schwerpunkten, verändern sich ständig. Ihr Abstand beträgt in Abb. 11 ungefähr das vierfache wie in Abb. 13.

[0045] Fig. 7 zeigt zwei Beispiele für eine Verbindung von zwei gleichen räumlichen Mechanismen. Sie bestehen aus den Formkörpern, die mit m1, m2, m3, m4, m5, m6 und m7, m8, m9, m10, m11, m12 bezeichnet sind (Abb. 1 und Abb. 2). Sie sind in ihrer Grundstellung um 180° zueinander gedreht. Die Gesamtbewegung eines räumlichen Mechanismus wird bestimmt von drei Drehzyklen seiner Gelenke – sie drehen sich abwechselnd in einem Drehwinkel von 223° . In Abb. 3 werden sie über zwei ihrer Formkörper miteinander verbunden – die Formkörper m1 und m7 werden zu M1 und m2 und m8 zu M2. Der so entstandene doppelte Mechanismus in Abb. 3 besteht aus zwei räumlichen Mechanismen, die einen gemeinsamen fixierten Formkörper M1 und einen gemeinsamen antreibenden Formkörper M2 über das Gelenk M1M2 haben. Er besteht aus 10 Formkörpern. Die Drehgelenke M1m6 und M1m12, die am fixierten Formkörper M1 auf einer Achse liegen, haben den gleichen Drehzyklus – aufgrund der 180° Drehung drehen sie sich innerhalb ihres Drehwinkels aus und zueinander. Abb. 4 zeigt eine Zustandsveränderung nach einer Drehung des Formkörpers M2. Die beiden räumlichen Mechanismen aus Abb. 1 und Abb. 2 sind auch über je einen ihrer Formkörper miteinander koppelbar. In Abb. 5 sind sie über ihre Formkörper m6 und m9, die zu M3 werden, verbunden worden. An dem gemeinsamen fixierten Formkörper M3 sind die vier Formkörper m1, m5, m8, m10 mit den entsprechenden Drehgelenken M3m1, M3m5, M3m8, M3m10 verbunden. Die Drehzyklen der gegenüberliegenden Gelenke M3m1 und M3m8 sowie M3m5 und M3m10 sind gleich. Die Formkörper m1 und m8 sowie m5 und m10 bewegen sich in jeder Verdrehung parallel und können als zwei starre Formkörper betrachtet werden. Abb. 6 zeigt eine Zustandsveränderung des räumlichen Mechanismus, der aus neun Formkörpern besteht. In einem doppelten Mechanismus gemäß Abb. 3 und Abb. 5 liegen sich die beiden geschlossenen räumlichen Mechanismen in jeder Position der Bewegung gegenüber (vom fixierten Formkörper aus gesehen). Der doppelte Mechanismus befindet sich so in einem ständigen Gleichgewicht seiner Kräfte. Er benötigt nur ein Antriebssystem.

[0046] Fig. 8 zeigt eine besondere Ausführungsart eines räumlichen Mechanismus mit zwei verschiedenen Gelenkartentypen. Er besteht aus zwei verschiedenen Formkörpern, die mit N1, N2 und O1, O2, O3, O4 bezeichnet sind. Diese sind mit vier Drehgelenken, die mit N1O1, N1O4, N2O2, N2O3 und zwei Scharniergelenken, die mit O1O2 und O3O4 bezeichnet sind, miteinander verbunden. Die Bewegung des räumlichen Mechanismus wird bestimmt durch drei Drehzyklen seiner Gelenke. Die Drehgelenke N1O1 und N2O3 drehen endlos in eine Richtung, die Drehgelenke N2O2 und N1O4 endlos in die andere, während die Scharniergelenke O1O2 und O3O4 sich abwechselnd drehen in einem Drehwinkel von 90° . Die Geschwindigkeiten der vier endlosdrehenden Gelenke N1O1, N2O3, N2O2 und N1O4 sind gleich. Abb. 2 zeigt eine Montage von vier Zustandsformen des räumlichen Mechanismus im Verlauf seiner zyklischen Bewegung. Der Formkörper N1 ist fixiert. Die Abb. 3 zeigt die ebene Raumkurve x, die der Schwerpunkt von Formkörper N2 im Bewegungsablauf beschreibt. Eine andere Bewegung des räumlichen Mechanismus ergibt sich, wenn der Formkörper O1 fixiert wird und der Formkörper N1 über das Drehgelenk N1O1 gedreht wird. Die Auswirkungen entsprechen denen wie in Fig. 6 beschrieben.

[0047] Dieser räumliche Mechanismus und Mechanismen mit mindestens einem sich endlos drehendem Gelenkzyklus ([Fig. 6](#), [Fig. 9](#), [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#)) können auf eine besondere Art mehrfach mit gleichen Mechanismen verbunden werden. Im Gegensatz zu den Verbindungsmöglichkeiten gemäß [Fig. 7](#), wonach zwei gleiche Mechanismen in der gleichen Grundstellung miteinander verbunden werden, können in diesen verschiedene Zustandsformen aus dem Verlauf ihrer Bewegungen integriert werden. Der räumliche Mechanismus ist in [Abb. 2](#) in einer Montage von vier Zustandsformen dargestellt, die er nach jeweils 90° Drehungen des Formkörpers O4 über das Drehgelenk N1O4 einnimmt. Diese Montage kann auch eine reale Konstruktion sein, die endlos beweglich ist. Zu diesem Zweck werden die vier Formkörper O1 in dieser Stellung zu einem starren „verschweißt“ – das gleiche geschieht mit den vier Formkörpern O4. Der vierfache räumliche Mechanismus besteht aus 15 Formkörpern und 18 Gelenken. Möglich ist bei diesem eine Verbindung von bis zu 12 Mechanismen in einem.

[0048] [Fig. 9](#) zeigt in den [Abb. 1.1](#) und [Abb. 1.2](#) eine symmetrische und in den [Abb. 2.1](#) und [Abb. 2.2](#) eine asymmetrische Ausführung eines räumlichen Mechanismus mit zwei verschiedenen Gelenkarten. Er besteht aus drei verschiedenen Formkörpern, die mit P, Q, R, p, q, r bezeichnet sind. Diese sind mit vier Drehgelenken, die mit PQ, pq, QR, qr und zwei Scharniergelenken, die mit Rr in [Abb. 1.1](#) und Pr, pR in [Abb. 2.1](#) bezeichnet sind, verbunden. Gleiche Formkörper sind P und p, Q und q, R und r. In [Abb. 1.1](#) sind die Formkörper P, Q, R symmetrisch mit den Formkörpern p, q, r verbunden. Die Drehgelenke PQ und pq drehen sich mit gleicher Geschwindigkeit in entgegengesetzte Richtungen, ebenso die Drehgelenke QR und qr, während die Scharniergelenke sich abwechselnd drehen – das Scharniergelenk Pp in einem Drehwinkel von 84° und Rr von 96°. [Abb. 1.2](#) zeigt die Stellung des räumlichen Mechanismus nach der Hälfte seines Bewegungszyklus. In [Abb. 2.1](#) sind die Formkörper p, q, r um 180° gedreht worden und mit den Scharniergelenken Pr und pR, zu einem räumlichen Mechanismus verbunden worden. Mit gleicher Geschwindigkeit drehen sich die Gelenke PQ und pq endlos in eine Richtung, die Gelenke QR und qr endlos in die andere, während die Scharniergelenke Pr und pR sich in einem Drehwinkel von 90° abwechselnd drehen. Die Bewegungsabläufe der symmetrischen und asymmetrischen Ausführung verändern sich erheblich je, nachdem welcher Formkörper fixiert wird – ein Formkörper mit zwei Drehgelenken (Q, q) oder mit einem Dreh- und Scharniergelenk (P, R, p, r). Die Unterschiede sind ähnlich denen, wie in [Fig. 6](#) dargestellt.

[0049] [Fig. 10](#) zeigt eine besondere Ausführungsart eines räumlichen Mechanismus mit drei verschiedenen Gelenkarten. Er besteht aus sechs Formkörpern S1, S2, S3, S4, S5, S6, die mit drei Drehgelenken S1S2, S3S4, S5S6, zwei Scharniergelenken S2S3, S4S5 und einem Drehschubgelenk *S1S6 verbunden sind. Die [Abb. 1–Abb. 4](#) zeigen Zustandsveränderungen des räumlichen Mechanismus im Verlauf seiner Bewegungen, wenn der Formkörper S1 fixiert ist. Eine weitere Drehung nach [Fig. 4](#) ergibt die Ausgangsstellung [Abb. 1](#). Die Bewegungsstruktur dieses räumlichen Mechanismus hat einen anderen Aufbau als bei den oben beschriebenen. Sie besteht aus vier Bewegungszyklen seiner Gelenke, wobei die gegenüberliegenden Gelenkzyklen nicht gleich sind. Die zwei Drehgelenke S1S2 und S5S6 rechts und links vom Drehschubgelenk drehen endlos 360° in der gleichen Richtung. Im gleichen Zeitraum dreht das Drehgelenk S3S4 (gegenüber des Drehschubgelenks) abwechselnd in einem Drehwinkel von 178° und innerhalb diesem noch einmal abwechselnd in einem Drehwinkel von 29° (414°). Die zwei Scharniergelenke S2S3 und S4S5 drehen abwechselnd in einem Drehwinkel von 83° und innerhalb diesem noch einmal abwechselnd in einem Drehwinkel von 36° (238°), während sich das Drehschubgelenk *S1S6 abwechselnd in einem Drehwinkel von 216° (432°) dreht und sich dabei auf seiner Achse nach links und rechts vom fixierten Formkörper S1 verschiebt. Die Strecke der Verschiebung beträgt ungefähr das doppelte der Höhe des Mechanismus in [Abb. 1](#).

[0050] [Fig. 11](#) zeigt eine besondere Ausführung eines räumlichen Mechanismus mit parallelen Bewegungsstrukturen. Er besteht aus sechs Formkörpern V1, V2, W1, W2, W3, W4, die mit den Drehgelenken V1W1, W1W2, V2W2, V2W3, W3W4, V1W4 verbunden sind. Die Formkörper V1 und V2, sowie W1, W2, W3 und W4 sind gleich – aus technischer Sicht. Die [Abb. 1–Abb. 4](#) zeigen Zustandsformen des räumlichen Mechanismus im Verlauf seiner Bewegung. Der Formkörper V1 ist fixiert. Der Formkörper W1 dreht sich in 90° Stufen im Uhrzeigersinn über das Gelenk V1W1. Eine weitere 90° Drehung nach [Abb. 4](#) bringt den räumlichen Mechanismus in seine Ausgangsstellung [Abb. 1](#). Die Bewegung des Mechanismus wird bestimmt durch drei Drehzyklen seiner Drehgelenke. Die Gelenke V1W4 und V2W2 drehen sich endlos in eine Richtung, die Gelenke V1W1 und V2W3 in die entgegengesetzte, während die Gelenke W1W2 und W3W4 sich abwechselnd in einem Drehwinkel von 47° drehen. Die beiden endlosen Drehzyklen drehen sich mit der gleichen Geschwindigkeit. Die Rotationsflächen und die Gelenkachsen der Formkörper V1 und V2 sind parallel. Dieser Konstruktionsaufbau des räumlichen Mechanismus bewirkt, dass die Formkörper W1 und W4 sich in zwei Ebenen parallel zueinander drehen – ebenso die Formkörper W2 und W3. Sie bewegen den taumelnden Formkörper V2, der aufgrund der abwechselnden Drehbewegungen der Gelenke W1W2 und W3W4 taumelt, mit seinem Schwerpunkt auf einer Kreisbahn kb um den fixierten Formkörper V1. Wie bei allen aufgeführten räumlichen Mechanismen mit

zwei endlosen Drehzyklen (Fig. 6, Fig. 8, Fig. 9) ergibt sich auch hier ein anderer Bewegungsablauf, wenn ein Formkörper fixiert wird, an dem sich ein endlosdrehendes und ein durch einen Drehwinkel begrenztes Gelenk befindet. Wird der Formkörper W4 fixiert, wird eine Ausrichtung der Bewegung des räumlichen Mechanismus durch das Gelenk W3W4 mit dem Drehwinkel von 47° gesteuert, während sich die Formkörper V1 und V2 endlos taumelnd in gleichem Abstand gegeneinander drehen. Der Drehwinkel der Gelenke W3W4 und W1W2 ist in einem Bereich von 1°–210° steuerbar durch Veränderungen an den Formkörper. Der parallele räumliche Mechanismus ist auf mehrfache Art mit sich selbst koppelbar entsprechend den Ausführungsmöglichkeiten wie in Fig. 7 und Fig. 8 beschrieben.

[0051] Fig. 12 zeigt die Veränderung eines einfachen räumlichen beweglichen Mechanismus aus sechs gleichen Formkörpern in zwei verschiedene räumlich bewegliche Mechanismen aus sieben Formkörpern. Sie bestehen aus sechs (Abb. 1 und Abb. 2) bzw. sieben (Abb. 3 und Abb. 4) gleichen Formkörpern, die mit X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 und den entsprechenden Drehgelenken, die mit X1X2, X2X3, X3X4, X4X5, X5X6 und X6X7 bezeichnet sind. Öffnet man den räumlichen Mechanismus aus sechs Formkörpern und sechs Gelenken (Abb. 1) an einem Gelenk (z. B. X4X5), gibt es eine weitere Möglichkeit nach Verdrehen der anderen Gelenke ihn zu schließen. Abb. 2 zeigt diese Konstruktion, die starr und unbeweglich ist. Das gleiche gilt für die räumlich beweglichen Mechanismen aus sechs Formkörpern und sechs Drehgelenken, die in Fig. 1–Fig. 7 beschrieben sind. In Abb. 3 und Abb. 4 wird dem räumlichen Mechanismus aus Abb. 1 ein weiterer Formkörper X7 eingefügt, sodass er nun aus sieben gleichen Formkörpern und sieben Drehgelenken besteht. Er kann auf zwei verschiedene Arten zu einer beweglichen Kette geschlossen werden, so dass der siebte Formkörper sich der Gesamtform hinwendet (Abb. 3) oder abwendet (Abb. 4). Mit einem Konstruktionsaufbau nach Abb. 3 bewegt sich der räumliche Mechanismus in zwei abwechselnden Drehungen seiner Gelenke (insgesamt 436°) bis zu seiner Ausgangsstellung. Gemäß einem Konstruktionsaufbau nach Abb. 4 ist der Bewegungsablauf sehr verändert. Er bewegt sich in sechs abwechselnden Drehungen (insgesamt 905°) bis zu seiner Ausgangsteilung. Beiden Arten ist gemeinsam, dass die Drehzyklen ihrer Gelenke alle zeitlich versetzt voneinander sind. Der Ablauf des räumlichen Mechanismus gemäß Abb. 4 wird in Fig. 13–Fig. 15 näher beschrieben.

[0052] Fig. 13 zeigt in den Abb. 1–Abb. 6 den Bewegungsablauf des räumlich beweglichen Mechanismus aus Fig. 12 Abb. 4 bis zu seiner Ausgangsstellung Fig. 0. Er besteht aus sieben gleichen Formkörpern, die mit X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 und den entsprechenden Drehgelenken, die mit X1X2, X2X3, X3X4, X4X5, X5X6, X6X7, X7X1. bezeichnet sind. Der Formkörper X2 ist fixiert. Gedreht wird der Formkörper X1 über das Gelenk X1X2, welches sich sechsmal abwechselnd innerhalb bestimmter Drehwinkel dreht. In Abb. 1 dreht es sich +82°, in Abb. 2 –82°, in Abb. 3 +288°(auf die andere Seite des fixierten X2), in Abb. 4 –82°, in Abb. 5 +82° und in Abb. 6 dreht es –288° in die Ausgangsstellung Abb. 0.

[0053] Fig. 14 und Fig. 15 zeigen in Diagrammen die Drehzyklen von zwei Gelenken des räumlich beweglichen Mechanismus aus sieben Formkörpern aus Fig. 13. Die Abb. 0–Abb. 7 der Fig. 13–Fig. 15 entsprechen einander. Fig. 14 zeigt die Drehungen des Formkörpers X1 über das Gelenk X1X2 und Fig. 15 die zeitgleiche Drehung des Formkörpers X3 über das Gelenk X2X3. Beide Gelenke und die übrigen fünf haben den gleichen Drehzyklus, in denen sie sich sechsmal abwechselnd mit und gegen den Uhrzeigersinn drehen, bis der gesamte räumliche Mechanismus zu seiner Ausgangsstellung zurückkehrt (insgesamt 905°). Die Drehrichtungswechsel innerhalb der Drehzyklen der sieben Gelenke sind alle zeitlich versetzt voneinander. Die Drehgeschwindigkeiten ändern sich im Verlauf.

Abb.	1	2	3	4	5	6
X1X2	+82°	–82°	+288°	–82°	+82°	–288°
X2X3	+81–44°	–39+25°	+57–207°	–80+47°	+35–25°	–57+207°
	(125°)	(64°)	(264°)	(127°)	(60°)	(264°)

Bezugszeichenliste

- Formkörper: A, B, C, a, b, c
 D1, D2, E1, E2, E3, E4
 F1, F2, G1, G2, G3, G4
 H, K, L, h, k, l
 m1, m2, m3, m4, m5, m6, m7, m8, m9, m10, m11, m12, M1, M2, M3

	N1, N2, O1, O2, O3, O4
	P, Q, R, p, q, r
	S1, S2, S3, S4, S5, S6
	V1, V2, W1, W2, W3, W4
	X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7
Fixierte Formkörper:	A, D1, F1, H, K, M1, M3, N1, S1, V1, X2
Drehgelenke:	AB, BC, aC, ab, bc, Ac
	D1E1, E1E2, D2E2, D2E3, E3E4, D1E4
	F1G1, G1G2, F2G2, F2G3, F3G4, F1G4
	HK, KL, Lh, hk, kl, IH
	M1M2, M3m1, M3m5, M3m8, M3m10
	N1O1, N1O4, N2O2, N2O3
	PQ, pq, QR, qr
	S1S2, S3S4, S5S6
	V1W1, W1W2, V2W2, V2W3, W3W4, V1W4
	X1X2, X2X3, X3X4, X4X5, X5X6, X6X7, X7X1
Scharniergelenke:	O1O2, O3O4
	Pp, Rr, Pr, pR
	S2S3, S4S5
Drehschubgelenke:	*S1S6
ebene Raumkurve	x
Kreisbahn	kb
1	Drehung nach rechts
2	Drehung nach links
3	aktuelle Positionen der Gelenke innerhalb ihrer Drehwinkel

Patentansprüche

1. Räumlich beweglicher Mechanismus bestehend aus sechs Formkörpern, wobei die Formkörper mittels sechs Drehgelenken zu einer geschlossenen beweglichen Kette verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kette aus zwei oder drei verschieden geformten Formkörpern gebildet ist und gegenüberliegende Formkörper (A, a) gleich sind.
2. Mechanismus nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Formkörper mittels verschiedener Gelenke, einer Kombination ausgewählt aus Dreh-, Scharnier- oder Drehschubgelenken, zu einer geschlossenen beweglichen Kette verbunden sind, wobei immer zumindest ein Drehgelenk vorhanden ist.
3. Mechanismus nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gesamtbewegung des Mechanismus in drei Drehzyklen seiner Gelenke erfolgt, wobei an gegenüberliegenden Gelenken (AC, aC) jeweils identische Bewegungen erfolgen.
4. Mechanismus nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtbewegung des Mechanismus in vier Drehzyklen seiner Gelenke erfolgt, sofern ein Drehschubgelenk vorhanden ist.
5. Mechanismus nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser aus wenigstens zwei identischen Mechanismen besteht, die zu einem neuen Mechanismus verbunden sind.
6. Mechanismus nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Winkel und Abstände der Rotationsflächen und Rotationsachsen an den Formkörpern derart ausgebildet sind, dass der Bewegungsablauf dadurch einstellbar ist.

7. Mechanismus nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser aus Modulen aufgebaut ist.

8. Mechanismus nach Anspruch 6, wobei ein Modul wenigstens aus einem Formkörper mit einem Gelenk an einem Ende besteht.

9. Mechanismus nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Formkörper fixiert ist und ein Motor mit Steuerung zur Drehung von wenigstens einem Gelenk des fixierten Formkörpers vorhanden ist.

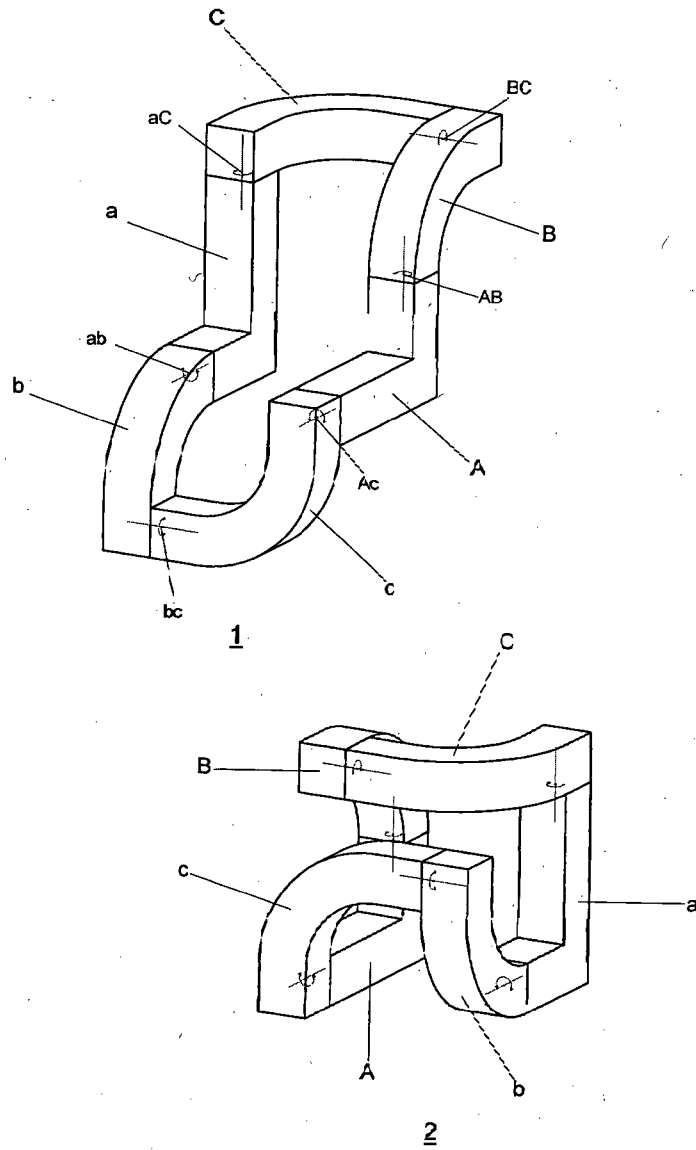
10. Räumlich beweglicher Mechanismus bestehend aus sieben Formkörpern, wobei die Formkörper mittels sieben Drehgelenken zu einer geschlossenen beweglichen Kette verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Kette als drei bis sieben verschieden geformten Formkörpern gebildet ist.

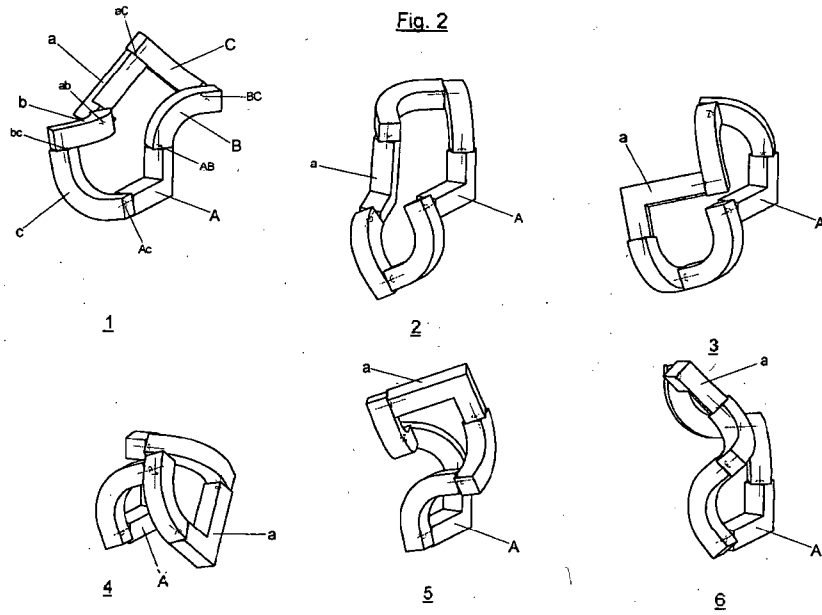
11. Mechanismus nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehgelenke derart ausgebildet sind, dass sich diese zeitversetzt sechsmal abwechselnd mit und gegen den Uhrzeigersinn drehen, bis die Ausgangsstellung wieder erreicht ist.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1





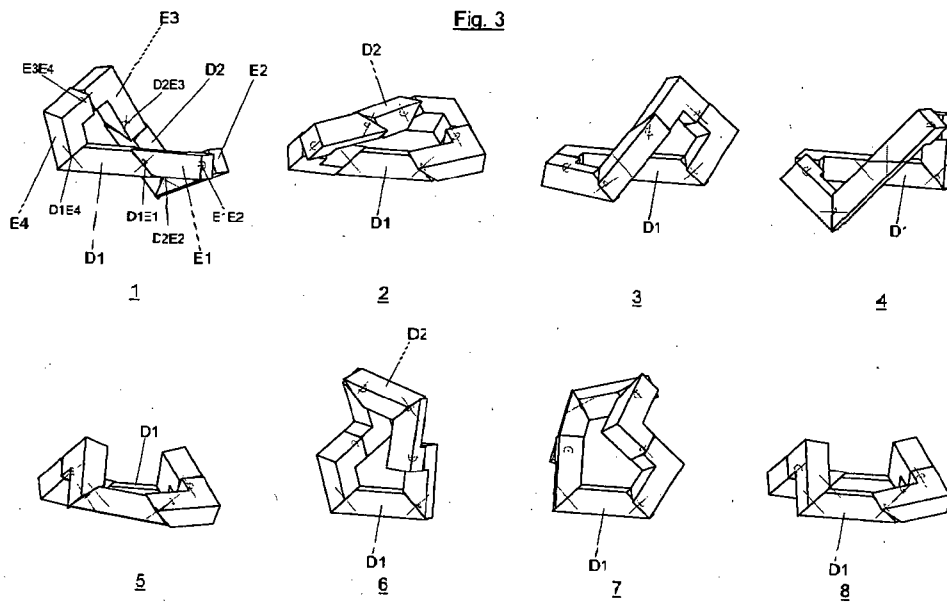
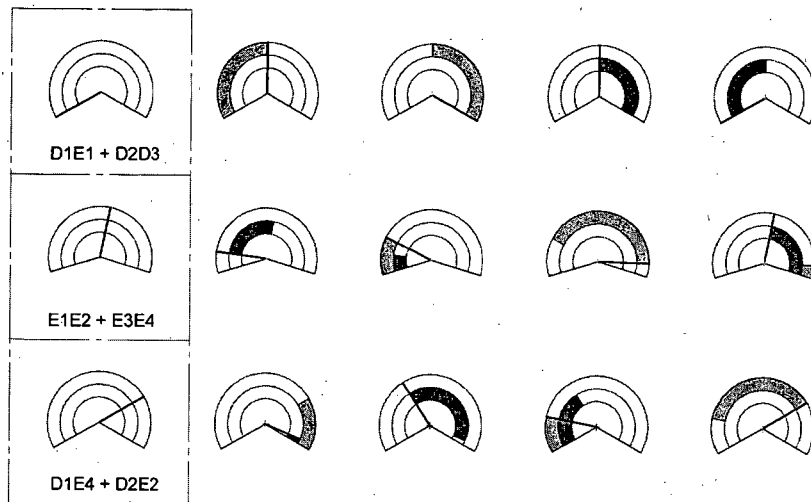


Fig. 4



0°	-120°	-120°	+120°	+120°
+96°	+94°	+24°, -44° (68°)	-155°	-15°, +96° (111°)
-179°	-61°, +7° (68°)	+146°	+87°, -41° (128°)	-179°



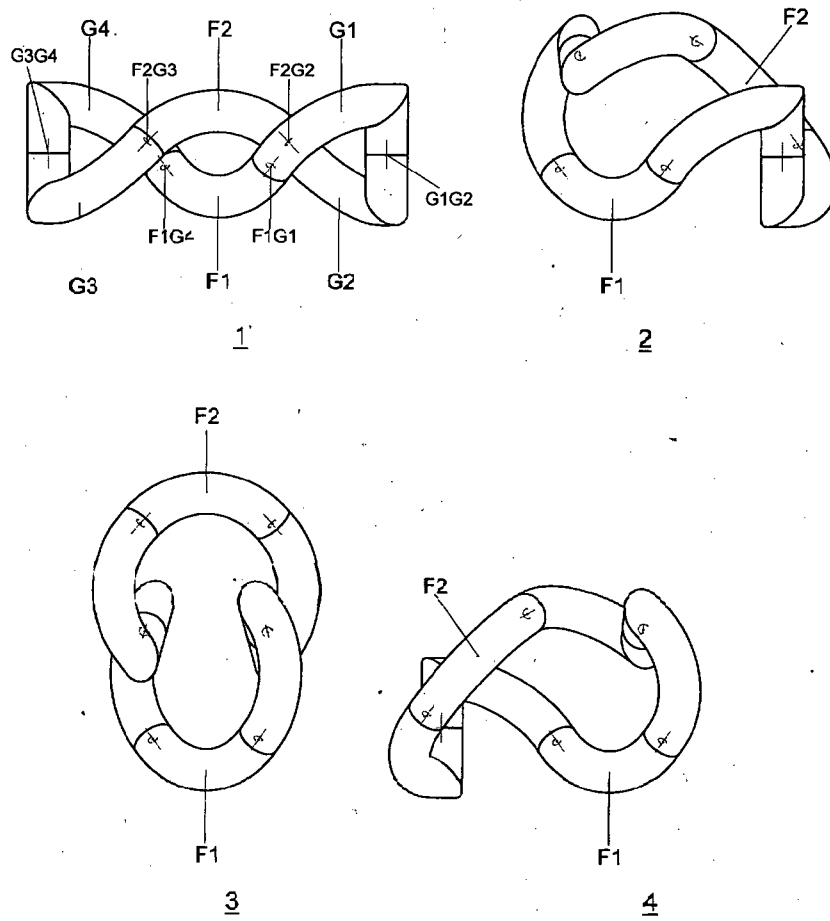
-  1
-  2
-  3

Fig. 5



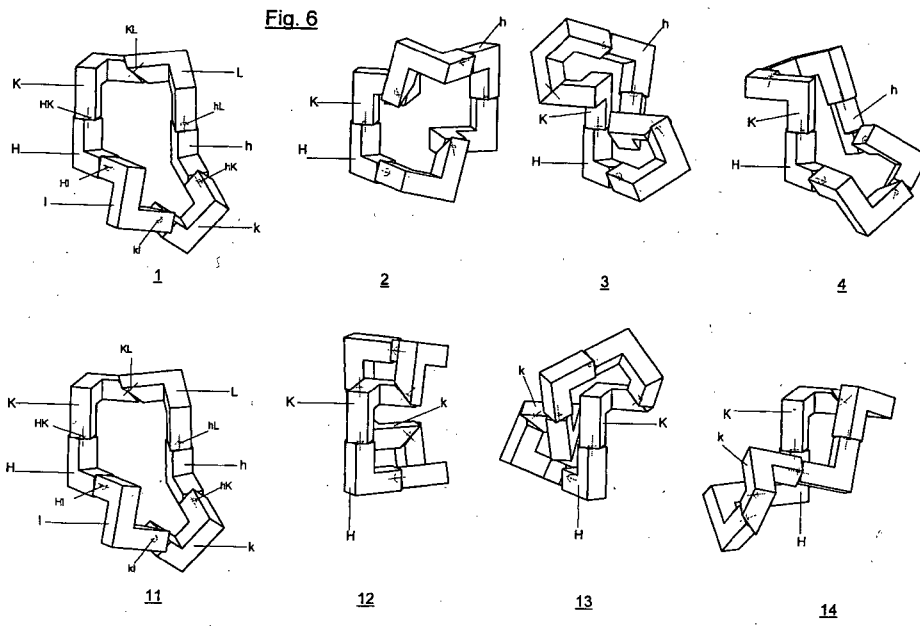


Fig. 7

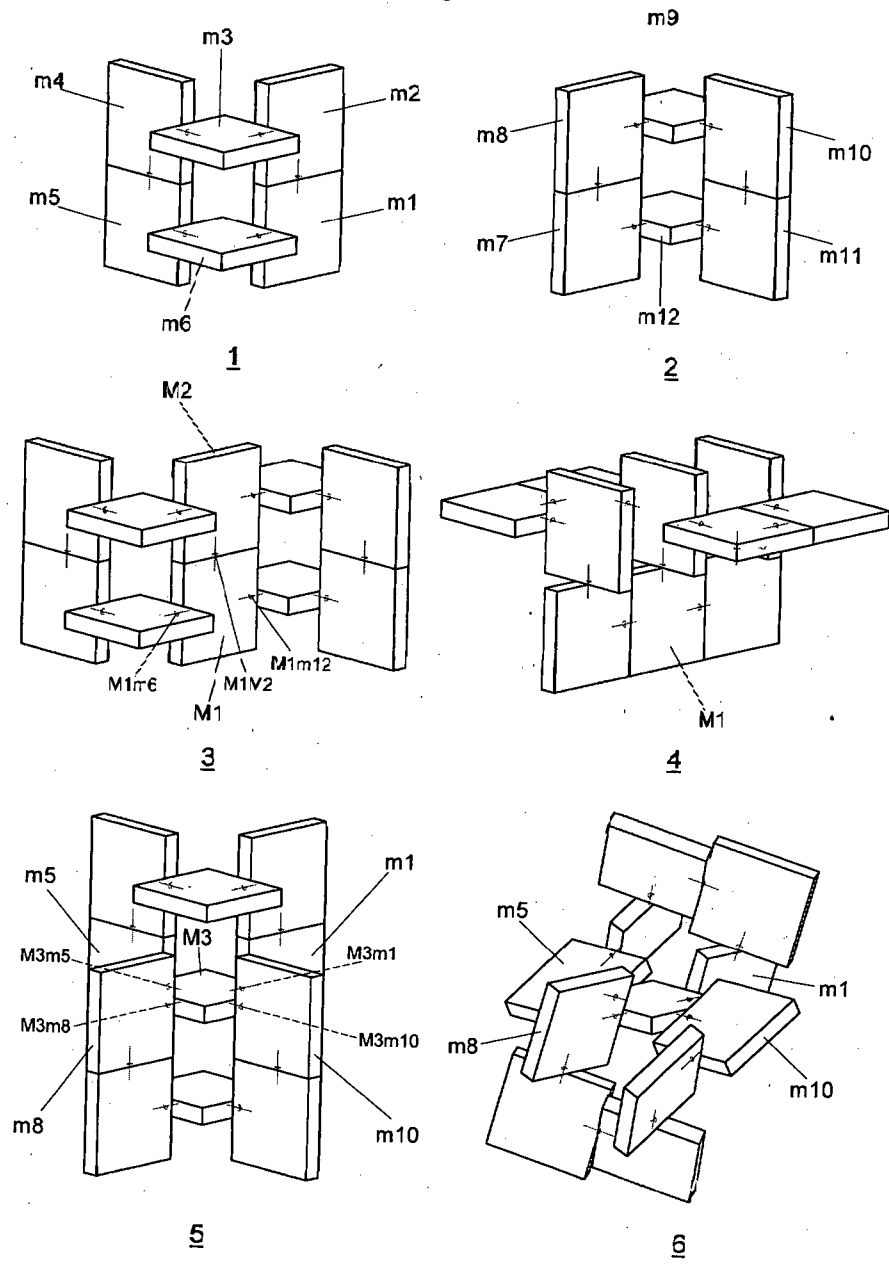


Fig. 8

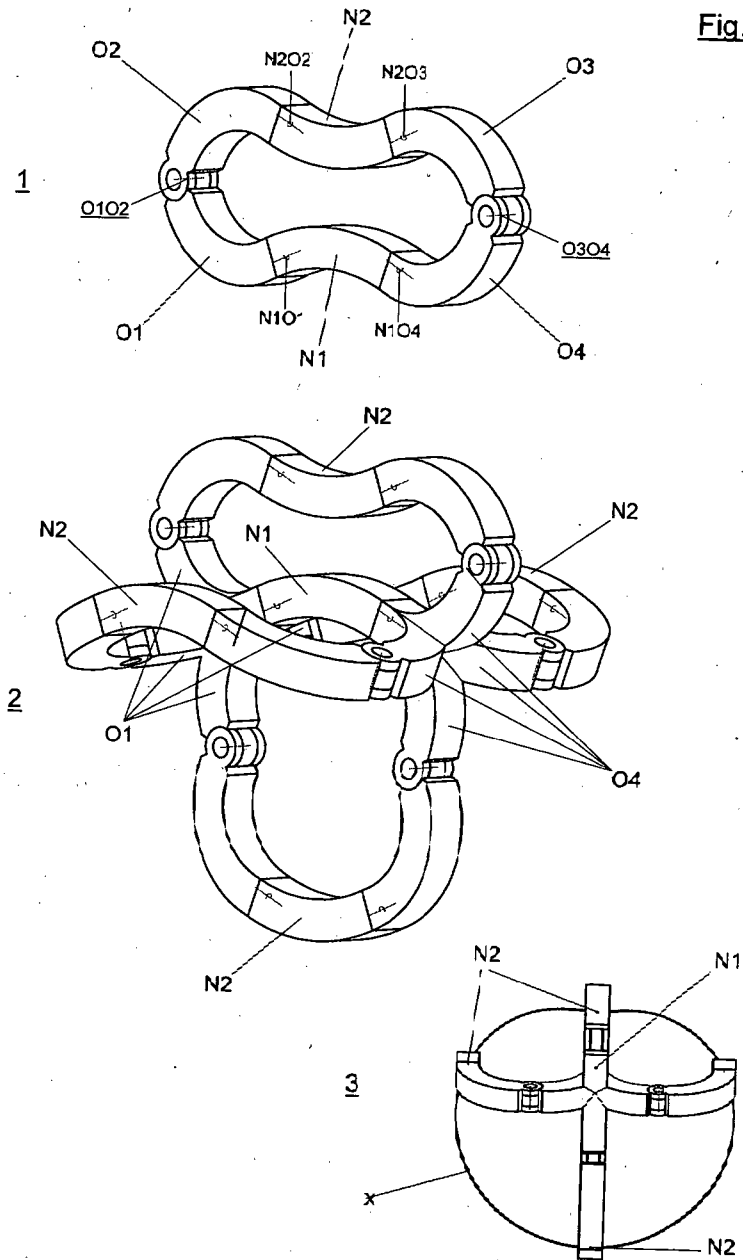
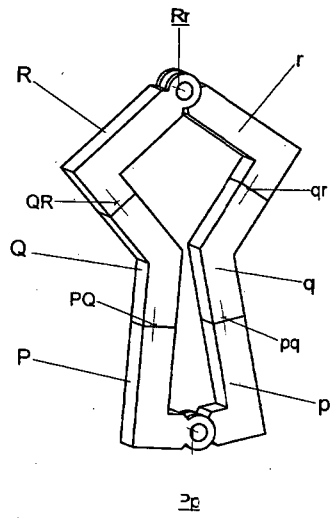
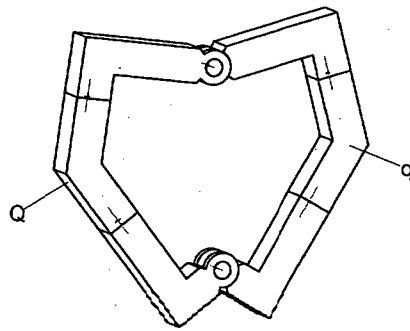


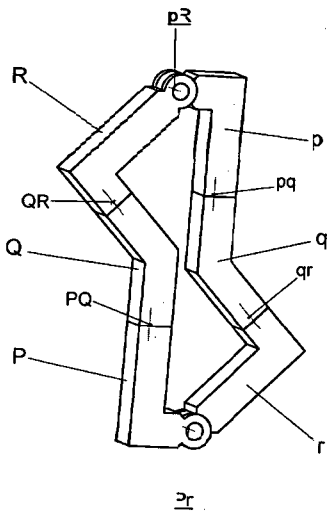
Fig. 9



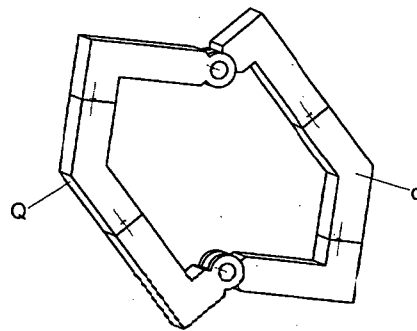
1.1



1.2



2.1



2.2

Fig. 10

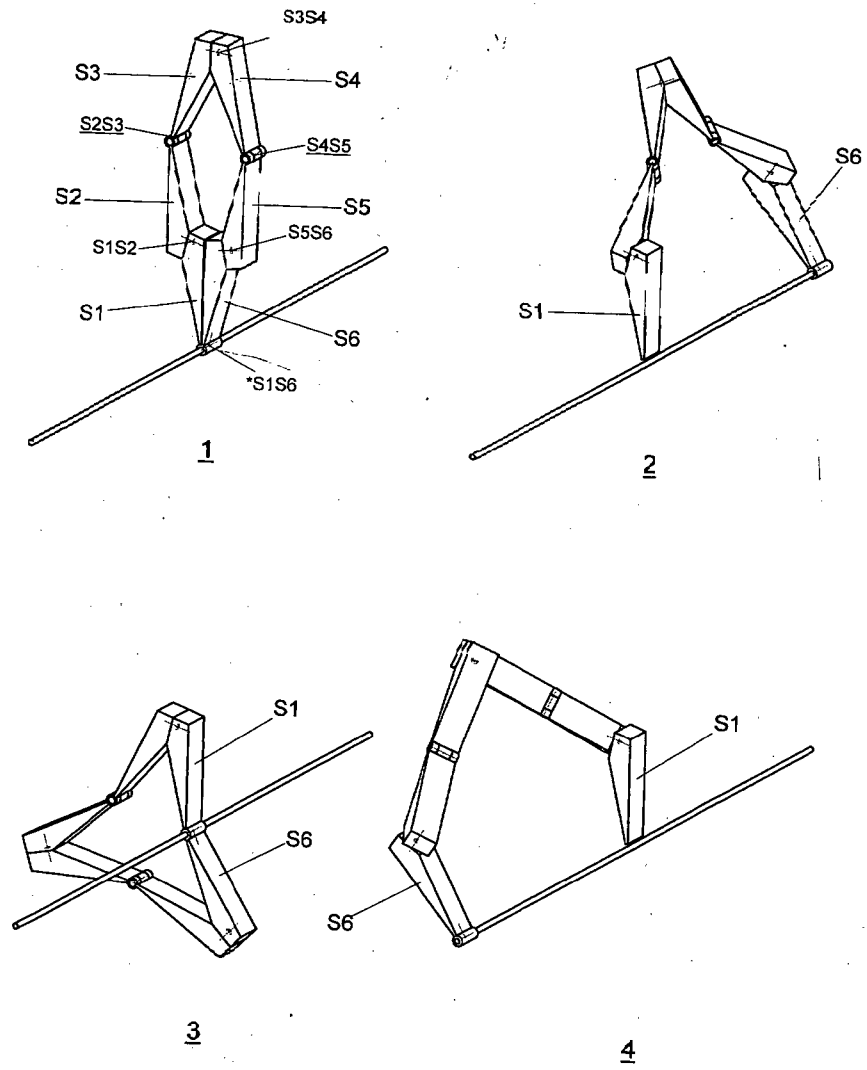


Fig. 11

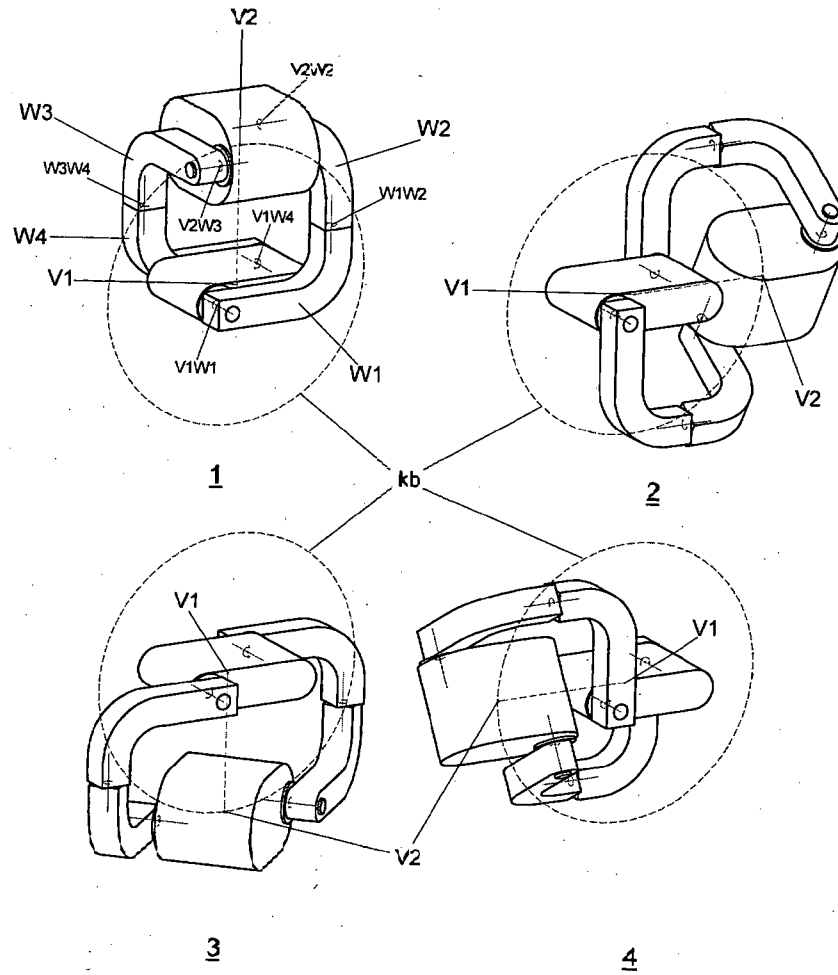


Fig. 12

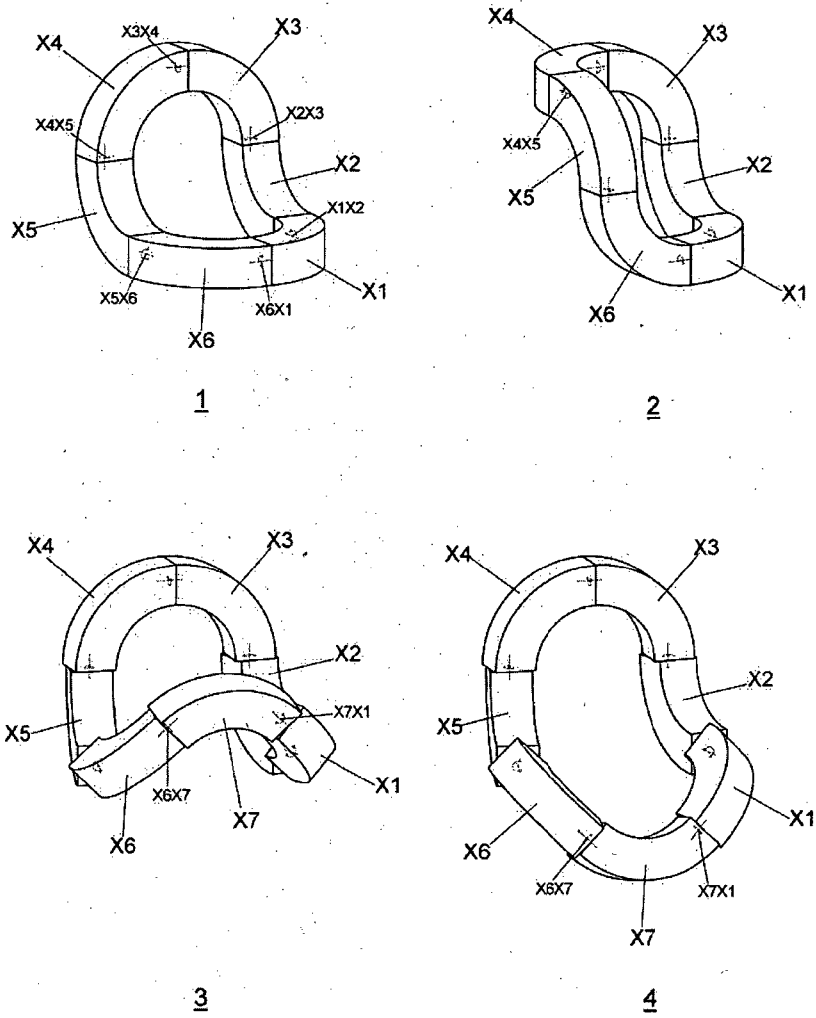
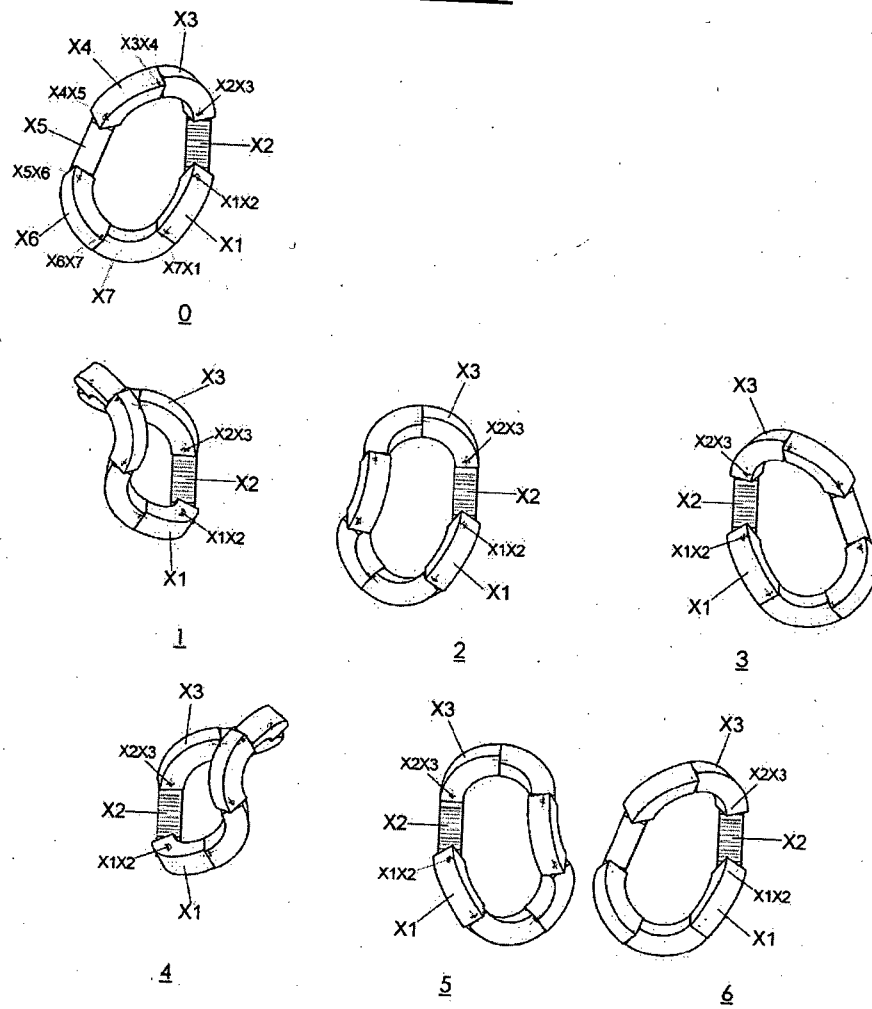
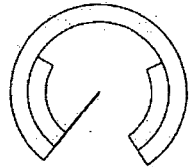


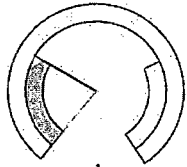
Fig. 13



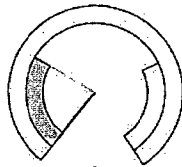


0

Fig. 14



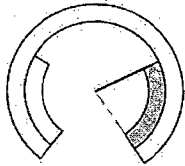
1



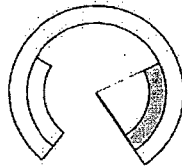
2



3



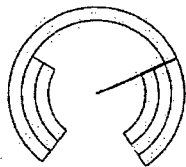
4



5

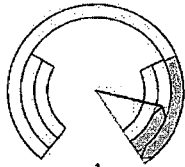


6

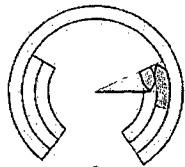


0

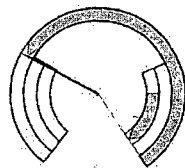
Fig. 15



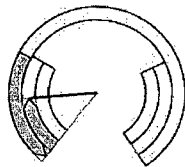
1



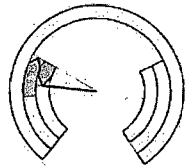
2



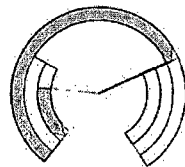
3



4



5



6