

(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
2. Dezember 2010 (02.12.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/136100 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03B 13/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/002577

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. April 2010 (27.04.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 022 735.0 26. Mai 2009 (26.05.2009) DE
10 2009 035 928.1
3. August 2009 (03.08.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; 70469
Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHARMANN, Nik**
[DE/DE]; Dreikronenstrasse 1a, 97082 Würzburg (DE).
HAGEMANN, Benjamin [DE/DE]; Missenharter Weg
36/1, 70839 Gerungen (DE).

(74) Anwalt: **THÜRER, Andreas**; c/o Bosch Rexroth AG,
Zum Eisengießer 1, 97816 Lohr am Main (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: POWER CONVERTING DEVICE FOR CONVERTING WAVE ENERGY

(54) Bezeichnung : ENERGIEWANDLUNGSEINRICHTUNG ZUR UMWANDLUNG VON WELLENENERGIE

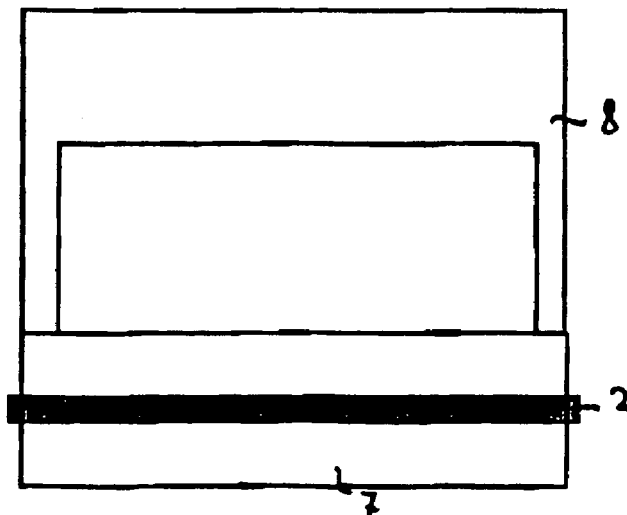


Fig. 12

(57) Abstract: The invention relates to an energy converting device for converting energy between a wave motion in a fluid and another form of energy. The invention comprises at least one coupling body (7) disposed in the fluid, said body being set up for coupling to at least one component of an orbital flow motion associated with the wave motion of the fluid. The invention further comprises a guide device (2) prescribing a guided, endlessly circulating orbital motion and/or rotary motion of the at least one coupling body (7). The guide device (2) thereby comprises an output drive, at which said device converts the circulating motion and/or the rotary motion to a torque.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Energiewandlungseinrichtung zur Umwandlung von Energie zwischen einer Wellenbewegung in einem Fluid und einer anderen Energieform. Sie weist mindestens einen im Fluid angeordneten Kopplungskörper (7), welcher dazu eingerichtet ist an zumindest eine Komponente einer der Wellenbewegung des Fluids zugeordneten Orbitalströmungsbewegung zu koppeln, auf. Sie weist ferner eine Führungseinrichtung (2), die eine geführte, endlos umlaufende Orbitalbewegung und/oder Drehbewegung des mindestens einen Kopplungskörpers (7) vorgibt, auf. Dabei weist die Führungseinrichtung (2) einen Abtrieb, an dem sie die Umlaufbewegung und/oder die Drehbewegung in ein Drehmoment umsetzt.

WO 2010/136100 A2

Energiewandlungseinrichtung zur Umwandlung von Wellenenergie

Die Erfindung betrifft eine Umwandlungseinrichtung zur Umwandlung von Wellenenergie. Es sind eine Vielzahl von Energieumwandlungsvorrichtungen für Wellenenergie im Stand der Technik bekannt. Diese können nach ihrem Einsatzort unterschieden werden, je nachdem, ob sie auf hoher See, in Küstennähe oder an der Küste angeordnet sind. Eine andere Unterscheidung bezieht sich darauf, wie die Energie aus der Wellenbewegung entnommen wird. Beispielsweise schwimmen Bojen auf der Wasseroberfläche, so dass durch Heben und Senken des Schwimmkörpers beispielsweise ein Lineargenerator angetrieben wird. Bei einem anderen Anlagenkonzept, dem sogenannten "Wave Roller" wird auf dem Meeresboden ein Flügel aufgebracht, der aufgrund der Bewegung der Wassermoleküle hin und her gekippt wird. Die Bewegungsenergie des Flügels wird in einem Generator beispielsweise in elektrische Energie umgewandelt. Eine Übersicht über Wellenenergiekraftwerke ist in dem Buch "Renewable Energie" von Godfrey Boyle gezeigt.

20

Den im Stand der Technik bekannten Anlagen ist gemein, dass sie nur einen kleinen Teil der in einer Welle vorhandenen Energie umwandeln können.

25 Es ist somit Aufgabe der Erfindung, eine Energiewandlungseinrichtung bereitzustellen, die einen größeren Wirkungsgrad als im Stand der Technik bekannte Anlagen hat.

Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand des unabhängigen Patentanspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

30

- Die Erfindung betrifft eine Energiewandlungseinrichtung zur Umwandlung von Energie zwischen einer Wellenbewegung in einem Fluid und einer anderen Energieform. Die Energiewandlungseinrichtung umfasst mindestens einen im Fluid angeordneten Kopplungskörper. Dieser Kopplungskörper ist dazu eingerichtet an
- 5 zumindest eine Komponente einer Orbitalströmungsbewegung, die einer Wellenbewegung des Fluids zugeordnet ist, zu koppeln. Die Energiewandlungseinrichtung umfasst zudem eine Führungseinrichtung, die eine geführte, endlos umlaufende Orbitalbewegung und/oder Drehbewegung des mindestens einen Kopplungskörpers vorgibt. Die Führungseinrichtung weist einen Abtrieb auf, an dem die Führungseinrichtung die Umlaufbewegung und/oder die Drehbewegung in ein Drehmoment umsetzt.
- 10 Die Energiewandlungseinrichtung ermöglicht, die Energie der Welle möglichst effizient in die andere Energieform zu wandeln. Dies wird durch den Kopplungskörper in Zusammenhang mit der Führungseinrichtung ermöglicht, die dafür sorgen, dass an eine Komponente der Orbitalströmungsbewegung gekoppelt wird
- 15 und die Bewegung auf einer bestimmten Bahn gehalten wird. Somit wird die kinetische Energie der Orbitalbewegung genutzt.
- 20 Falls der Körper und die Führungseinrichtung konstruktiv so gestaltet sind, dass im Verlauf einer Periode der Wellenbewegung der Körper im Wesentlichen einen vollständigen Umlauf der Orbitalbewegung und/oder Drehbewegung ausführt, kann Energie während der gesamten Orbitalbewegung, und nicht nur in begrenzten Zeiträumen, aus der Welle gewonnen werden. Dies hat zudem den Vorteil, dass die Erzeugung der Energie der anderen Energieform gleichmäßig erfolgt. Es brauchen deshalb
- 25 keine Energiespeicher vorgesehen zu werden, um eine konstante Leistung zu erzeugen.
- 30

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Abtrieb eine Abtriebswelle, an der sich eine Energiewandlungsmaschine befindet. Diese kann enthalten: Pumpen, Motoren, mechanische Getriebe, hydrostatische Getriebe, hydrodynamische Getriebe, elektroaktive Polymere insbesondere dielektrische Elastomere, Ferroelektrika, Piezoelektrika, elektrische Generatoren. Mit geeigneten Kombinationen der genannten Elemente kann hydraulische, pneumatische, potentielle, chemische (z.B. Wasserstoff), elektrische Energie gewandelt werden.

Vorzugsweise ist dabei die Last durch den Energiewandler, z.B. Generator, anpassbar. Dabei erfolgt die Anpassung der Last in Abhängigkeit von der jeweils einlaufenden Welle. Dabei wird die Anpassung der Last zur phasenrichtigen Ausrichtung der Energiewandlungseinrichtungen relativ zur Welle genutzt.

Vorzugsweise führt die Führungseinrichtung die Umlaufbewegung und/oder die Drehbewegung um eine im Wesentlichen horizontal ausgerichtete Bewegungsachse aus. Damit wird die Energie der Orbitalbewegung möglichst gut ausgenutzt, da sie ebenfalls um horizontale Achsen erfolgt.

In einer bevorzugten Ausführungsform besitzt bzw. besitzen der Kopplungskörper und/oder die Führungseinrichtung bei einer vorgegebenen Umlaufstellung ihre räumliche hauptsächliche Ausdehnung im Wesentlichen auf einer Seite einer Ebene, in der die Bewegungsachse verläuft. Dabei ist bzw. ist der Kopplungskörper und/oder die Führungseinrichtung insbesondere exzentrisch bezüglich der Bewegungsachse gestaltet. Durch die dadurch gebildete Achsen-Asymmetrie wird dafür gesorgt, dass Wassermoleküle im Wesentlichen nur auf der Seite, auf der die größere Ausdehnung ist, Kräfte ausüben. Dadurch wird die Umlaufbewegung oder Drehbewegung erzwungen.

Mit einer derartigen Energiewandlungseinrichtung ist es möglich, die Wellenenergie besonders effizient zu nutzen. Dies ist in der Bewegung der Wassermoleküle begründet. Wassermoleküle, die sich unterhalb der Wasseroberfläche befinden, bewegen sich aufgrund der Wellenbewegung auf einer so genannten Orbitalbahn. An folgendem Beispiel wird dies verdeutlicht. An einem bestimmten Ort befindet sich der Wasserspiegel zuerst im Maximum, bevor er sinkt, den Nulldurchgang durchschreitet, um anschließend ein Minimum zu erreichen. Anschließend steigt der Wasserspiegel an, durchschreitet wiederum den Nulldurchgang, um wieder beim Maximum zu landen. Danach beginnt die Bewegung erneut.

Wenn sich die Welle im Maximum befindet, bewegen sich sämtliche Wassermoleküle, die sich unterhalb des Maximums befinden, in der Ausbreitungsrichtung der Welle. Bei einer nach rechts wandernden Wellenfront also nach rechts. Beim anschließenden Nulldurchgang bewegen sich diese Wassermoleküle nach unten. Dagegen bewegen sie sich während des Minimums der Welle nach links. Bei dem nächsten Nulldurchgang bewegen sich die Wassermoleküle alle nach oben, wonach sie ab dem Maximum die beschriebene Bewegung wieder beginnen. Es versteht sich, dass die Wassermoleküle sich kontinuierlich in einer Kreisbewegung bewegen, während hier nur vier diskrete Punkte dieser Kreisbewegung beispielhaft genannt wurden. Der Durchmesser dieser Kreisbewegung nimmt mit zunehmender Wassertiefe ab, so dass ab einer Wassertiefe von der Hälfte der Wellenlänge nahezu keine Orbitalbewegung mehr vorhanden ist. In flachem Wasser bewegen sich die Wassermoleküle dagegen nicht mehr auf einer Kreisbahn, sondern auf ellipsenförmigen Bahnen.

Würde der Kopplungskörper achsensymmetrisch um die erste Achse geordnet werden, würden die Wassermoleküle, die lediglich eine Orbitalbewegung ausführen, gleichmäßig auf den ersten Körper drücken, so dass eine Kraft auf der einen Seite des ersten Körpers durch eine Kraft auf der anderen Seite des ersten Körpers aufgehoben wird. Aufgrund der Unsymmetrie wirkt die Kraft auf einer Seite der Achse stärker als auf einer anderen Seite, wodurch ein Drehmoment auf den Körper erzeugt wird. Dadurch kann der erste Körper allein durch die Orbitalbewegung der Wassermoleküle in Bewegung gesetzt werden, ohne dass es einer Strömungsbewegung zusätzlich zur Orbitalbewegung bedarf, wie dies bei Strömungskraftwerken der Fall ist.

Wenn der Kopplungskörper vollständige Umdrehungen um die Achse durchführen kann, kann kontinuierlich Energie erzeugt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Energieerzeugung effektiv ist, da während der gesamten Bewegung Energie umgewandelt wird. Dies hat zudem den Vorteil, dass aufgrund der kontinuierlichen Erzeugung der Energie keine Spitzenwerte der Energie der anderen Energieform geglättet werden müssen, wie dies beispielsweise bei dem "Wave Roller" der Fall ist.

In einer Ausführungsform ist der Kopplungskörper nach Art eines Kurbelgetriebes bezüglich der Bewegungsachse angelenkt. Dabei kann der Kopplungskörper z. B. ein Zylinder mit exzentrisch angesetzter Achse oder Welle sein. Eine solche Ausführungsform stellt eine robuste Konstruktion dar, die auch auf hoher See eingesetzt werden kann.

Falls die Führungseinrichtung eine Kurbel umfasst, welche den Kopplungskörper um die Bewegungsachse führt, kann durch die Länge der Kurbel der Radius der Drehbewegung und damit die

Umfangsgeschwindigkeit vorgegeben werden, so dass der Radius der Geschwindigkeit der Wassermolekülen angepasst wird. Im Idealfall ist die Umfangsgeschwindigkeit kleiner oder gleich den Orbitalgeschwindigkeiten der Wassermoleküle.

5

In einer Ausführungsform verläuft die Bewegungsachse durch den Kopplungskörper. Alternativ verläuft die Bewegungsachse außerhalb des Kopplungskörpers.

10 In einer weiteren Ausführungsform umfasst ein Hebelarm des Kurbelgetriebes eine Längenverstelleinrichtung, durch welche der Hebelarm in seiner wirksamen Länge verstellbar ist. Die Ausdehnung der Orbitalbewegungen hängen unter anderem von der Wellenhöhe und von dem Abstand der Wassermoleküle von der
15 Wasseroberfläche ab. Durch die Verstellbarkeit kann der Radius der Umlaufbewegung bzw. Drehbewegung an die aktuell herrschenden Bedingungen, d.h. Ausdehnungen der Orbitalbewegungen angepasst werden.

20 Die Längenverstelleinrichtung kann eine Linearführung und/oder einen Hydrozylinder und/oder einen Spindeltrieb und/oder einen im Wesentlichen parallel zur Bewegungsachse angeordneten mit einem Drehantrieb versehenen Rotationskörper und/oder eine Blockiereinrichtung umfassen. Hydrozylinder
25 können beispielsweise besonders große Kräfte aufnehmen. Beim Rotationskörper beruht die Kraftwirkung entlang des Hebelarmes auf dem Magnus-Effekt, der Rotationskörper kann auch der Kopplungskörper sein.

30 Vorzugsweise ist eine Steuerung vorgesehen, mit der die Länge des Hebelarms an eine räumliche Ausdehnung der Orbitalströmungsbewegung im Fluid anpassbar und/oder mit welcher die Länge des Hebelarms während des Umlaufs an eine Bahnform der

Orbitalströmungsbewegung im Fluid - insbesondere eine Elliptizität - anpassbar ist. Besonders in flachem Wasser ähneln die Orbitale flach gedrückten Kreisen. Hier ist es besonders sinnvoll, während des Umlaufs die Länge des Hebelarms zu variieren. So kann z.B. in der horizontalen Stellung der Hebelarm kürzer als in der vertikalen Stellung sein.

Falls der Kopplungskörper drehbar auf der Führungseinrichtung gelagert ist, ist gewährleistet, dass der Kopplungskörper vollständige Umlaufbewegungen bzw. Umdrehungen um die Führungseinrichtung durchführen kann.

Eine Ausrichtevorrichtung kann den Kopplungskörper in einer vorgegebenen Winkellage seiner Drehachse in einem ortsfesten Koordinatensystems ausrichten. Damit kann verhindert werden, dass neben der Umlauf- bzw. Drehbewegung der Kopplungskörper weitere Bewegungen durchführt, die die Verlustleistung der Energiewandlungseinrichtung erhöhen. Beispielhafte Ausführungsformen sind dabei Zylinder, die teilweise mit Ballast gefüllt sind und durch die Schwerkraft die vorgegebene Winkellage erzwingen, sowie mechanische Bauteile, die weitere Komponenten der Energiewandlungseinrichtung sind.

Beispielsweise wird bei ersten Ausführungsformen mit nur einer Achse die Größe des Kopplungskörpers durch den Radius der Orbitalbewegung der Wassermoleküle begrenzt. Würde der maximale Achsabstand des ersten Körpers größer als der lokale Radius der Orbitalbewegung der Wassermolekülbewegung, würde sich dieser Bereich des ersten Körpers schneller bewegen, als die Wassermoleküle, was zu einem Energieabfluss aus dem System führen würde. Dadurch würde die Effizienz der Anlage sinken.

Durch die Drehung um eine zweite Achse kann der Punkt, der maximal von der ersten Achse entfernt ist, eine Gegenbewegung vornehmen, wodurch der beschriebene Effekt verhindert wird. Damit ist es möglich, die Abmessungen des ersten Kopplungs-
5 körpers deutlich zu vergrößern, was zu einer vergrößerten Energiewandlung führt. Diese Gegenbewegung kann über beispielsweise einen Kurbeltrieb oder die Verschiebung des Schwerpunktes des ersten Körpers relativ zu der zweiten Achse erreicht werden.

10

In einer weiteren Ausführungsform ist der Kopplungskörper drehfest mit der Führungseinrichtung verbunden. Somit führt die Führungseinrichtung ebenfalls eine Umlauf- oder Drehbewegung aus.

15

In einer Ausführungsform besitzt der Kopplungskörper im Wesentlichen einen länglichen, sich horizontal erstreckenden flächigen, insbesondere rechteckigen, Aufriss, welcher insbesondere Strukturen zur Ausrichtung im Sinne eines hohen Strömungswiderstandes aufweist. Es sind dabei auch brettförmig
20 Kopplungskörper, gekreuzte Bretter als Kopplungskörper usw. möglich. Mit einem solchen Aufriss wird den Wassermolekülen eine hohe Angriffsfläche geboten. Der Kopplungskörper sollte dabei einen möglichst hohen Strömungswiderstand aufweisen,
25 z.B. auch durch eine raue Oberfläche.

30

In eine der alternativen Ausführungsformen besitzt der Kopplungskörper im Wesentlichen die Form eines länglichen Zylinders. Ein solcher ist besonders stabil, was vorteilhaft für die Lebensdauer der Energiewandlungseinrichtung ist.

Der Kopplungskörper kann nach Art eines senkrecht zu seiner Drehachse angeströmten Rotors, und/oder nach Art eines Ro-

tors, der eine senkrecht zu seiner Drehachse ausgerichtete Anströmung unabhängig vom Anströmungswinkel in Rotationsbewegung umsetzt, gestaltet sein. Dadurch kann zusätzlich Energie, die sich aus Strömungen der Wassermolekülen ergibt, genutzt werden.

In weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsformen sind auf einer horizontal orientierten Achse ein oder mehrere Rotoren angebracht, die unabhängig von der Anströmungsrichtung in eine Drehung versetzt werden. Derartige Rotoren werden in Turbinen verwendet werden, die unabhängig von der Richtung der Anströmung eine Drehung erzeugen und typischerweise zur Energiewandlung in Strömungen von Fluiden (Wind, Tidenhub, Flüsse) eingesetzt. Hierzu gehören beispielsweise Rotoren wie Darrieus, Savonius, kombinierter Savonius Darrieus, Gorlov, Banki, Anemometer und ähnliche. Die genannten Rotoren erzeugen unabhängig von der Anströmungsrichtung ein Drehmoment. In einer Ausführungsform werden die Rotoren mit einer horizontal angeordneten Achse zur Wandlung der Energie von Wellen eingesetzt. Hier herrscht im Gegensatz zum traditionellen Einsatz keine Strömung. Die Orbitalbewegung der Wassermoleküle führt jedoch ebenfalls zu einer Drehung der genannten Rotoren, die mit Hilfe von Generatoren in andere Energieformen gewandelt werden kann.

Der Rotor kann zu der Klasse der Widerstandsläufer, der Auftriebsläufer und/oder einer Kombination der beiden gehören. Auftriebsläufer können die Strömungsenergie besonders gut nutzen, während der Aufbau von Widerstandsläufern in der Regel einfacher ist.

In einer weiteren Ausführungsform sind die angeführten Rotoren, die typischerweise mindestens zwei „Flügel“ enthalten zu

„Einflügeln“ reduziert. Aufgrund der ständig wechselnden Richtung der Orbitalbewegung wird auch mit nur einem Flügel eine kontinuierliche Drehung sichergestellt. Damit lassen sich derartige Rotoren auch wieder auf die erste Ausführungs-
5 form mit nur einer Achse und einer unsymmetrischen Lagerung zurückführen.

Ein Kopplungskörper, der als einflügeliger Rotor gestaltet ist, zeigt besonders gut die Achsen-Unsymmetrie, wodurch sich
10 der Kopplungskörper sehr effektiv von den Wassermolekülen in Bewegung gesetzt werden kann.

In einer weiteren Ausführungsform besteht der erste Körper aus einem Zylinder und einem aus der Außenseite des Zylinders
15 herausragenden Flügel. Der Zylinder ist im Wesentlichen achsensymmetrisch um die erste Achse/Welle gelagert bzw. auf dieser angeordnet. Somit ist der erste Körper insgesamt achsen-unsymmetrisch um die erste Achse/Welle angeordnet, da die Ausbuchtung aus dem Zylinder für eine Asymmetrie sorgt. Durch
20 einen derartigen Flügel wird den Wassermolekülen eine große Angriffsfläche geboten.

Falls die maximale radiale Ausdehnung des Rotors in etwa einem Radius der Orbitalströmungsbewegung im Fluid am Standort
25 der Energiewandlungseinrichtung entspricht oder kleiner als der besagte Radius ist, wird verhindert, dass ein Teil des Rotors, und zwar der, der außerhalb des Radius liegt, von den Wassermolekülen abgebremst wird.

30

Falls der Kopplungskörper im Wesentlichen die gleiche Dichte wie das Fluid besitzt, wirken keine zusätzlichen Auftriebs-

kräfte, die den Bewegungsverlauf des Koppelkörpers unsymmetrischer machen.

Mithilfe einer Trägerstruktur, an welcher sich die Führungseinrichtung abstützt, kann für eine möglichst gute Fixierung in Bezug auf das unbewegte Koordinatensystem gesorgt werden. Unter unbewegtem Koordinatensystem wird das Koordinatensystem verstanden, in dem der Meeresboden sich nicht bewegt.

10 Dabei ist die Trägerstruktur in einer Ausführungsform am Meeresboden, insbesondere über eine Dämpfungseinrichtung, verankert. Damit wird die Position der Energiewandlungseinrichtung unmittelbar vorgegeben. Diese Art der Verankerung bietet sich besonders in Küstennähe an.

15

In einer weiteren Ausführungsform besitzt die Trägerstruktur Auftriebskörper, durch welche die Trägerstruktur schwimmfähig ist. Insbesondere ist dabei die Trägerstruktur nach Art eines Slack Moorings verankert. Damit kann die Trägerstruktur fixiert werden, ohne dass hohe Kräfte auf die Verankerung wirken, was auf Dauer die Trägerstruktur oder die Verankerung schädigen kann. Die Trägerstruktur kann gemäß der Ausführungsformen fest mit dem Meeresboden verbunden sein, auf der Wasseroberfläche schwimmen, wobei entsprechende Halterungen in das Wasser hineinragen. Zudem kann die Trägerstruktur unterhalb der Wasseroberfläche schwimmen.

Falls die Trägerstruktur und/oder eine Haltevorrichtung der Führungseinrichtung an der Trägerstruktur hinsichtlich einer Eintauchtiefe verstellbar sind, kann die Eintauchtiefe u.a. von der Wellenhöhe abhängig gemacht werden, so dass die erzeugte Leistung auch bei unterschiedlichen Wellenhöhen konstant bleibt. Unter Haltevorrichtung wird dabei die Aufhän-

gung einer einzelnen Führung bzw. eines einzelnen Hebels an einer größeren Trägerstruktur verstanden.

Falls die Trägerstruktur eine entsprechend große Ausdehnung aufweist, führen die über die Anlage verteilten Kräfte mit unterschiedlicher Wirkrichtung dazu, dass die Trägerstruktur weitgehend ruhig im Wasser liegt. Dadurch können sich die Führungseinrichtungen der Kopplungskörper an dieser abstützen.

Die Länge der Trägerstruktur beträgt mindestens $\frac{1}{4}$ einer Wellenlänge typischer Meereswellen. Aus Gesichtspunkten einer möglichst ruhigen Lage der Trägerstruktur im Wasser ist sogar eine Länge von etwa 2 Wellenlängen typischer Meereswellen anzustreben. Daher werden Längen zwischen 20 bis 1000 m, vorzugsweise zwischen 50 und 600 m, besonders bevorzugt zwischen 80 und 360 m, vorgeschlagen.

Dabei werden beispielsweise mehrere Kopplungskörper linear hintereinander, insbesondere parallel, angeordnet und/oder mehrere Kopplungskörper sind im Wesentlichen parallel mit seitlichem Versatz bezüglich ihrer Längsachse oder Bewegungsachse, insbesondere in Dreiecksformation, Dreiecksflächenformation oder in V-Formation angeordnet. Durch die parallele Anordnung werden die Kopplungskörper im gleichen Winkel von der Welle erfasst.

Falls an der Trägerstruktur eine Einrichtung vorhanden ist, welche einen Energieertrag mehrerer Kopplungskörper ausgangseitig zusammenfasst, wird vorteilhafterweise die Anzahl der Komponenten verringert.

In einer Ausführungsform ist die Trägerstruktur über eine passive oder aktive Azimuthausrichteanordnung, wie im Turm

einer Windkraftanlage, entlang einer Wellenrichtung ausricht-
bar. Die Azimuthausrichteanordnung kann Getriebe und Motoren
aufweisen, die dafür sorgen, dass die Energiewandlungsein-
richtungen möglichst vollständig von der Welle erfasst wer-
5 den. Ist die Trägerstruktur in ihren Abmessungen im Wesentli-
chen länglich und frei drehbar um das Mooring gehalten, so
wird sich die Trägerstruktur in der Regel lagerichtig zur
einlaufenden Welle ausrichten.

10 Wird die Wellenkraftmaschine in Kombination mit anderen Ener-
gieerzeugungseinrichtungen wie z.B. Windkraftanlagen betrieben
kann die nötige Infrastruktur (z.B. Netzanschluß, Gründung,
Trägerstruktur) gemeinsam genutzt werden. So kann z.B. auf
der Trägerstruktur eine Windkraftanlage angeordnet sein. Um-
15 kehrt kann auch der Turm bzw. das Fundament einer vorhandenen
Offshore-Windkraftanlage als Verankerungspunkt für die Wel-
lenkraftmaschine dienen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist ein Abstand zwischen
20 den Abstützpunkten mehrere Führungseinrichtungen verstellbar.
Damit kann dafür gesorgt werden, dass das Phasenverhältnis
der Bewegungen der Kopplungskörper auch bei unterschiedlichen
Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten bzw. Wellenlängen gleich
bleibt.

25 Vorzugsweise wird die Wellenhöhe, die Wellenlänge und/oder
die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit mit Hilfe eines oder
mehrerer auf der Baugruppe angeordnete Drucksensoren be-
stimmt.

30 Die Wellenlänge und/oder die Wellenausbreitungsgeschwindig-
keit kann mit Hilfe der relativen Phasenlage der in der Bau-

gruppe angeordneten Energiewandlungseinrichtungen bestimmt werden.

5 In einer weiteren Ausführungsform werden die Wellenlänge und/oder die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit mit Hilfe der relativen Phasenlage von in der Baugruppe angeordneten Zusatzrotoren bestimmt.

10 Falls eine Steuerung vorhanden ist, welche den Energieertrag durch eine Änderung der Eintauchtiefe steuert, kann unabhängig von der Wellenhöhe eine weitgehend konstante Abgabeleistung erreicht werden. Die Steuerung der Eintauchtiefe kann auch zum Ausgleich des Tidenhubes genutzt wird. Die Eintauchtiefe kann auch durch einstellbaren Auftrieb der Schwimmkörper
15 geändert werden. Wichtig ist, dass die Maschine im optimalen Betriebspunkt arbeitet, der von der Größe der Orbitalbewegung, von der Wellenhöhe und der Tauchtiefe abhängt

20 Die Energiewandlungseinrichtung wird in einem Fluid, bevorzugt in einem Körper von Wasser in Bereichen mit Wassertiefen von 2 bis 11000 m, vorzugsweise von 50 bis 2500 m, besonders bevorzugt von 80 bis 1200 m und ganz besonders bevorzugt von 100 bis 850 m eingesetzt.

25 Die Energiewandlungseinrichtung wird dabei bevorzugt in einer Wassertiefe von kleiner oder gleich der Hälfte einer Wellenlänge am Einsatzort, bevorzugt in einer Wassertiefe von kleiner oder gleich einem Viertel der Wellenlänge am Einsatzort und ganz besonders bevorzugt in einer Wassertiefe von kleiner
30 oder gleich einem Zehntel der Wellenlänge am Einsatzort eingesetzt. Die Energiewandlungseinrichtung ist vorzugsweise im Wesentlichen immer mit Wasser bedeckt.

Vorzugsweise kann an zwei Stirnseiten der Kopplungseinrichtung jeweils eine Führungseinrichtung vorhanden sein, welche beide durch zumindest eine Querstrebe verbunden sind. Damit wird die Einheit aus Kopplungskörper und Führungs-

5 einrichtungen wesentlich verwindungssteifer. Es wird eine verminderte mechanische Belastung der Kopplungskörper, der Aufhängung, eines Gehäuses oder einer Trägerstruktur und der Lager der Führungseinrichtungen erzielt. Insbesondere wird bei einer schrägen Ausrichtung der Energiewandlungseinrichtung eine Verwindung des Kopplungskörpers - z.B. eines Hohlzylinders - vermindert. Die Energiewandlungseinrichtung erhält eine bessere mechanische Stabilität und eine höhere Betriebsdauer.

15 So können gemäß einer besonders einfach darstellbaren Ausgestaltung bei Führungseinrichtungen, die als Kurbelgetriebe ausgebildet sind, die Arme der Kurbelgetriebe durch die zumindest eine Querstrebe verbunden sein. Vorzugsweise sind dazu die Arme über den Kopplungskörper hinaus verlängert, und die zumindest eine Querstrebe ist außerhalb des Kopplungskörpers, im Wesentlichen parallel zu dem Kopplungskörper befestigt. Alternativ kann die Querstrebe auch im Kopplungskörper verlaufen, um z.B. einen hydrodynamischen Widerstand der Vorrichtung zu verringern, oder um den Kopplungskörper zusätzlich zu stabilisieren. Alternativ oder zusätzlich können an 25 den Armen angesetzte Radialstreben vorhanden sind, an welchen die zumindest eine Querstrebe befestigt ist.

Für die Querstreben eignet sich z.B. ein Hohlprofil, ein 30 Kreisprofil, ein T-Profil, ein H-Profil, und/oder ein Rechteckprofil.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Figuren erläutert. Dabei zeigt:

Figur 1 Teile einer erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Energiewandlungseinrichtung;

Figur 2 Teile einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Energiewandlungseinrichtung;

10 Figur 3 Teile einer dritten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

Figur 4 Teile einer vierten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

15

Figur 5 Teile einer fünften Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

Figur 6 Teile einer sechsten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

20

Figur 7 Teile einer siebten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

25 Figur 8 Teile einer achten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

Figur 9 Teile einer neunten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

30

Figur 10 Teile einer zehnten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

Figur 11 Teile einer elften Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung;

Figur 12 Seitenansichten von alternativen Energiewandlungseinrichtungen nach Figur 5;

Figur 13 eine Energiewandlungseinrichtungen 1 mit Verankerung in einer Seitenansicht;

Figur 14 zwei Energiewandlungseinrichtungen 1 mit gemeinsamer Verankerung in einer Seitenansicht;

Figur 15 eine Baugruppe aus einer Verankerung und einer Energiewandlungseinrichtung gemäß dem achten Ausführungsbeispiel;

Figur 16 eine weitere Baugruppe aus Verankerung und einer Energiewandlungseinrichtung;

Figur 17 eine Baugruppe aus einer Verankerung und einer Energiewandlungseinrichtung gemäß der sechsten Ausführungsform;

Figur 18 eine Baugruppe aus einer Verankerung und einer Energiewandlungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Figur 19 eine Baugruppe aus einer Verankerung und einer Energiewandlungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Figur 20 eine Baugruppe aus einer Aufhängung und einer Vielzahl von Energiewandlungseinrichtungen gemäß Figur 10;

Figur 21 eine Baugruppe aus einer Aufhängung und einer Vielzahl von Energiewandlungseinrichtungen gemäß Figur 9;

- 5 Figur 22 eine Aufhängung mit einer Energiewandlungseinrichtung gemäß der fünften Ausführungsform;

Figur 23 die Baugruppe aus Figur 22 in einer Seitenansicht;

- 10 Figur 24 die Baugruppe aus Figur 22 in einer weiteren Seitenansicht;

Figur 25 eine Vielzahl von zusammengefügtten Aufhängungen gemäß Figur 22;

15

Figur 26 die Energiewandlungseinrichtung aus Figur 25 in einer Seitenansicht;

- 20 Figur 27 eine weitere alternative Anordnung von Energieumwandlungseinheiten in einer Aufhängung;

Figur 28a, 28b, und 28c Teile einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Energiewandlungseinrichtung in verschiedenen Varianten;

25

Figur 29a, 29b weitere Varianten zu der Ausführungsform, die in Figur 28a,b,c dargestellt ist.

- 30 Figur 1 zeigt Teile einer ersten Ausführung einer Wellenenergiewandlungseinrichtung 1. Dabei ist eine Welle 2 gezeigt, auf der ein Flügel 3 außermittig angeordnet ist. Dieser Flügel 3 ist so angeordnet, dass er sich mit der Welle 2 bewegt. Die Welle 2 ist, in Figur 1 nicht gezeigt, in einem Generator

derart gelagert, so dass die Welle 2 den Rotor eines Energie-
wandlungssystems dreht. Die Welle 2 dreht sich somit um eine
erste Achse 30, um die der Flügel 3, der achsen-unsymmetrisch
zu dieser Achse 30 angeordnet ist, eine Drehbewegung durch-
5 führt. Die Wassermoleküle der Meereswelle üben Kräfte auf
Flügel 3 derart aus, dass ein Drehmoment den Flügel 3 und die
Welle 2 zum Drehen bzw. Rotieren bringt. Der erste Körper
dient in dieser Ausführungsform als Kopplungskörper und die
Welle mit Lagerung ist Teil der Führungseinrichtung. Der
10 Kopplungskörper koppelt an die Orbitalbewegung der Wassermo-
leküle.

Diejenigen Teile der Energieumwandlungseinheit, die die Dreh-
bewegung ausführen, werden nachfolgend auch als erster Körper
15 oder als Kopplungskörper bezeichnet. Dies sind in dieser Aus-
führungsform im Wesentlichen der Flügel 3 und die Welle 2.
Der erste Körper dreht sich mit jeder Wellenlänge der Meeres-
welle einmal vollständig um die erste Achse 30, so dass kon-
tinuierlich Energie umgewandelt wird. Der Abtrieb erfolgt in
20 dem Rotor des Generators

Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform, wobei statt einer
durchgehenden Welle Wellenzapfen 22 an den zwei Enden des
Flügels 3 vorgesehen sind. Die Wellenzapfen 22 sind gelagert
25 und mit dem Rotor des nicht gezeigten Generators gekoppelt,
unter Umständen über ein Zwischengetriebe. Im Vergleich zu
Figur 1 ist eine Aussparung in der Mitte des Flügels 3 vorge-
sehen, wodurch im Vergleich zu Figur 1 im Wesentlichen nur
die Kräfte, die ein hohes Drehmoment bewirken, auf den Flügel
30 3 wirken.

Figur 3 zeigt ebenfalls ein einachsiges System, wobei im Ver-
gleich zu Figur 1 ein Zylinder 5 vorgesehen ist, an dem ein

Ende des Flügels 3 befestigt ist. Die Welle 2 ist ortsfest gehalten und der erste Körper ist auf der Welle 2 angeordnet. Der erste Körper besteht aus dem Zylinder 5 und dem Flügel 3 und dreht sich mit der Welle 2 um die entsprechende Achse.

Figur 4 zeigt Teile der vierten Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung 1. Zusätzlich zu der Energiewandlungseinrichtung nach Figur 3 weist diese einen zweiten Zylinder 6, der ebenfalls zentrisch auf der Welle 2 angeordnet ist, auf.

Figur 5 zeigt eine fünfte Ausführungsform einer Energiewandlungseinrichtung 1. Ein Zylinder 7 ist mittig um die im Wesentlichen ortsfeste Welle 2 gelagert. Zusätzlich ist ein Flügel 8 an dem Zylinder 7 angebracht. Dies bewirkt, dass der erste Körper, bestehend aus dem Zylinder 7 und dem Flügel 8 achsen-unsymmetrisch bezüglich der Achse 30 ist. Durch die Bewegung der Wassermoleküle wird ein Drehmoment auf den ersten Körper ausgeübt, so dass dieser sich zusammen mit der Welle 2 um die Achse 30 dreht. Diese Drehung kann mit einem Generator in eine andere Energieform gewandelt werden.

Figur 6 zeigt ein sechstes Ausführungsbeispiel einer Energiewandlungseinrichtung 1. Bei dieser Ausführungsform ist ein Zylinder 7 außermittig, d.h. achsen-unsymmetrisch um die Welle 2 angeordnet.

Figur 12 zeigt zwei alternative Energiewandlungseinrichtungen 1, die Abwandlungen der fünften Ausführungsform sind. Im Vergleich zu dem Beispiel aus Figur 5 sind Teile des Flügels 8 ausgespart.

Den Ausführungsformen 1 bis 6 ist gemein, dass ein Körper durch die Orbitalbewegung von Wassermolekülen in eine Rotation um eine weitgehend ortsfeste Achse 30 versetzt wird.

- 5 Hierbei kann der erste Körper, wie in den Ausführungsformen 1 bis 6 beschrieben, fest auf der Welle 2 montiert sein. Diese muss dann drehbar in einem Gehäuse gelagert sein. Dabei erfolgt der Abgriff des Drehmoments an der rotierenden Welle 2.
- 10 Alternativ kann der erste Körper jedoch auch drehbar auf der Welle 2 gelagert sein, die dann als Achse 2 bezeichnet wird. Die Achse 2 ist fest mit einem Gehäuse verbunden ist, der erste Körper rotiert um die fest stehende Achse 2. In diesem Fall können Triebstrang, Getriebe, Generator usw. teilweise
- 15 im Inneren des ersten Körpers oder an der Außenseite des ersten Körpers angeordnet werden. Dies ist besonders vorteilhaft möglich bei Konfigurationen, die einen entsprechenden Raum im Inneren des ersten Körpers bieten. Hierzu gehören insbesondere die Ausführungsformen nach Figuren 3 bis 6.
- 20
- Bei den hier gezeigten Figuren 1 bis 6 wurde der Einfachheit halber nur der erste Körper mit der Welle 2 bzw. mit den Wellenzapfen 22 gezeigt. Es versteht sich, dass die Welle 2 und die Wellenzapfen 22 jeweils in einem Gehäuse gelagert sind
- 25 bzw. mit einem Gehäuse fest verbunden sind. Generator und Triebstrang wurden ebenfalls in den Figuren nicht explizit gezeigt. Es ist allerdings einem Fachmann verständlich, wie die erzeugte Rotation mit verschiedenen Mitteln, beispielsweise hydraulischen Mitteln, einem Elektrogenerator oder e-
- 30 lektroaktiven Polymeren in nutzbare Energieformen umgewandelt werden können.

Wichtig ist, dass das Gehäuse relativ zur Bewegung der Wellen im Wesentlichen ruhend angeordnet ist, also nicht ebenfalls durch die Orbitalbewegung der Wassermoleküle in eine Dreh- und/oder Orbitalbewegung versetzt wird. Dazu wird jeweils eine Befestigungsvorrichtung vorgesehen, mit der die Welle 2 bzw. die Achse 2 so gehalten wird, dass sie im Wesentlichen ortsfest in Bezug auf den Meeresboden 16 ist.

Figur 7 zeigt eine siebte Ausführungsform von Teilen der Energiewandlungseinrichtung 1. Bei dieser sind eine erste Welle 2 und eine zweite Welle 9 vorgesehen. Diese bilden zwei Achsen 30 bzw. 31, die im Wesentlichen parallel verlaufen. Die zweite Welle 9 ist über zwei Hebelarme 35 auf der ersten Welle 2 gehalten. Der Hebelarm 35 ist an einem Ende mit der ersten Welle 2 fest verbunden, während die zweite Welle 9 in dem Hebelarm 35 an dessen zweiten Ende drehbar gelagert ist. Alternativ kann auch die zweite Achse/Welle 9 fest mit dem Hebelarm 35 verbunden sein.

Der erste Körper ist auf der zweiten Welle 9 angeordnet und enthält vier Flügel 11, die jeweils unter einem Winkel von etwa 90° zueinander orientiert sind, so dass ein Kreuz entsteht. Das Kreuz aus den vier Flügeln und der Welle 9 dreht sich somit um die zweite Achse 31. Die Wassermoleküle drücken auf die Flügel 11 und bewirken durch die ständig wechselnde Richtung aufgrund der Orbitalbewegung der Wassermoleküle eine Drehbewegung der Flügel 11, der zweiten Achse 31 und des Hebelarms 35 um die erste Achse 30.

Idealerweise drehen sich hierbei die vier Flügel nicht noch zusätzlich um die zweite Achse 31, sondern behalten ihre Orientierung bei. Durch die Orbitalbewegung werden keine Kräfte in das System induziert, die zu einer derartigen zusätzlichen

Rotation führen sollte. Um eine Rotation jedoch zuverlässig auszuschließen, sind zusätzliche Maßnahmen möglich, die weiter unten beschrieben werden.

- 5 Die zweite Welle 9 kann dann fest mit dem Hebelarm 35 verbunden sein, wenn der erste Körper mit den vier Flügeln 11 drehbar auf der zweiten Welle 9 gelagert ist. Alternativ sind eine drehbare Lagerung der zweiten Welle 9 am Hebelarm und ein fester Verbund des ersten Körpers auf der zweiten Achse/Welle
10 9 vorgesehen.

Bei den in den Figuren 1 bis 6 vorgestellten Energiewandlungseinrichtungen besteht das Problem, dass der Durchmesser des ersten Körpers begrenzt ist. Dieses Problem wird bei der
15 Energiewandlungseinrichtung nach Figur 7 aufgehoben, da die Flügel 11 aufgrund der Anordnung mit Hebelarm 35 und zweiter Achse/Welle 9 keine Relativbewegung zu den Wassermolekülen vollführen, wie dies bei dem einachsigen System gemäß den Figuren 1 bis 6 durch die reine Drehbewegung der Fall ist.

20

Die in Figur 8 dargestellte achte Ausführungsform unterscheidet sich von Figur 7 dadurch, dass als erstem Körper statt der Flügel 11 ein Zylinder 7 vorgesehen ist, der achsensymmetrisch zur zweiten Achse 31 an der zweiten Welle 9 befestigt oder drehbar auf dieser gelagert ist.
25

Gemäß der achten Ausführungsform ist der Zylinder drehbar auf dem Hebelarm 35 gelagert, so dass sich neben der Kreisbahn um die Achse 30 keine rotierende Relativbewegung des Zylinders 7
30 zu den Wasserpartikeln ergibt.

Wenn der Zylinder 7 drehbar auf der zweiten Achse/Welle 9 gelagert ist, dann muss er nicht notwendigerweise achsensymmet-

risch zur Welle 9 sein. Er würde sich bei nicht achsensymmetrischer Anordnung immer so ausrichten, dass er gegenüber den Wassermolekülen den geringsten Strömungswiderstand bietet, würde dabei zwar um die Achse/Welle 9 rotieren, aber auch zu
5 einer Rotation des Gesamtsystems führen.

In den Ausführungsformen sieben und acht sowie den nachfolgend in Zusammenhang mit den Figuren bis Figur 11 beschriebenen Ausführungsbeispielen kann es von Vorteil sein, wenn der
10 Zylinder nur um die erste Achse 30 orbitiert, sich aber nicht um die zweite Achse 31, bezogen auf das Bezugssystem des Meeresbodens bzw. der ersten Achse 30, dreht, um eine zusätzliche Relativbewegung des Körpers gegenüber den umgebenden Wassermolekülen auszuschließen. Bei achsensymmetrischen Körpern
15 wird durch die Orbitalbewegung der Wassermoleküle kein Drehmoment induziert, was zu einer derartigen Drehung führen sollte.

Um jedoch eventuell vorhandene Lagerreibung oder andere Effekte auszugleichen, sind verschiedene Lösungsansätze denkbar. Ein solcher Lösungsansatz ist der Einsatz eines einfachen Getriebesystems, bei dem beispielsweise ein Zahnrad fest am Gehäuse angeordnet ist. Am Hebelarm 35 ist ein Zwischenrad
20 angeordnet und treibt ein am ersten Körper angeordnetes Zahnrad mit Übersetzungsverhältnis 1:1 zum ersten Zahnrad an. Dadurch wird sichergestellt, dass der Körper unabhängig von seiner Position entlang der Kreisbahn immer die gleiche Orientierung im unbewegten Referenzkoordinatensystem besitzt. Somit wird ein erster Körper durch die Bewegung der Wassermoleküle und durch entsprechende Hebelarme auf eine Kreisbahn
30 gezwungen, ohne dabei um seine eigene Achse zu rotieren.

Alternativ können auch ein Gestänge, ein am ersten Körper gelagerter Motor oder mit den Drehachsen verbundener Zahnriemen eingesetzt werden.

- 5 Eine weitere Lösung ist die Nutzung der Schwerkraft, indem die Gewichtsverteilung des Zylinders in Umfangsrichtung unsymmetrisch gewählt wird, die Schwerachse also von der Mittelachse abweicht. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der zylindrische Körper 7 nur teilweise z.B.
10 mit Beton oder Sand gefüllt wird. Dadurch dreht sich der Zylinder 7 nicht um seine eigene Achse, sondern behält seine Orientierung bei. Dieser Ansatz ist besonders vorteilhaft, weil er ohne zusätzliche bewegte Teile auskommt, was sich sowohl in Bezug auf die Herstellungskosten als auch in Bezug
15 auf die Lebensdauer positiv auswirkt.

Alternativ ist vorgesehen, den ersten Körper der Ausführungen sieben und acht starr mit den Hebelarmen 35 zu verbinden, so dass er die gleiche Rotation um die Achse 30 vollführt, wie
20 die zweite Achse 31.

Alternativ ist vorgesehen, dass der erste Körper der Ausführungen sieben und acht frei drehbar an den Hebelarmen 35 oder auf der zweiten Achse 31 gelagert ist, so dass sich im Betrieb unter Umständen ein Zwischenzustand zu den beiden Extremfällen keine Eigenrotation und erzwungene Eigenrotation ergibt.
25

In weiteren Ausführungsformen sind auch Systeme möglich, bei denen der Durchmesser des ersten Körpers größer ist als die
30 Länge der Hebelarme 35. Dies zeigt z. B. in Figur 9 die neunte Ausführungsform, bei der ein kurzer Hebelarm 35 vorgesehen ist, dessen Länge kleiner als die Länge der Flügel 11 ist.

Das in Figur 10 gezeigte zehnte Ausführungsbeispiel entspricht dem achten Ausführungsbeispiel mit dem Unterschied, dass hier die Länge des Hebelarms 35 kürzer als der Radius des Zylinders 7 ist. Zusätzlich kann der Zylinder 7 durch eine geeignete Vorrichtung in Rotation versetzt werden, um den Magnus Effekt nutzen zu können.

Generell lässt sich sagen, dass die Körperform des ersten Körpers relativ frei wählbar ist. Solange sichergestellt ist, dass in alle Richtungen eine vergleichbare Kraft übertragen werden kann, erzeugt der erste Körper gleichmäßig Leistung. Alternativ kann auch eine gleichmäßige Leistungsabgabe erreicht werden, wenn der erste Körper zwar nicht in allen Richtungen eine vergleichbare Kraft übertragen kann, der erste Körper sich jedoch frei zur Anströmung ausrichten kann. Dies wird durch eine entsprechend drehbare Lagerung des ersten Körpers erreicht. In diesem Fall stellt sich der Körper immer entsprechend der wechselnden Anströmung so zur Anströmung, dass er einen geringsten Strömungswiderstand bietet nach dem Prinzip einer Wetterfahne.

Zylinderförmige Körper werden auch bei dem so genannten "Bristol Cylinder" verwendet, der im Jahr 1979 von Evans vorgeschlagen wurden. Bei diesem wird die Kreisbewegung eines Zylinders durch auf dem Meeresgrund verankerte Hydraulikzylinder in Energie gewandelt. Allerdings ist hier nachteilig, dass nur während kurzer Phasen der Drehbewegung Energie in den Hydraulikzylindern erzeugt wird und der Energieausstoß stark periodisch erfolgt, was die Weiterverarbeitung der Energie in darauf folgenden Stufen erschwert.

Bei den erfindungsgemäßen Energiewandlungseinrichtungen 1 ergibt sich im Gegensatz hierzu eine kontinuierliche und im Wesentlichen konstante Energiewandlung aus der Orbitalbewegung der Wassermoleküle.

5

Figur 11 zeigt eine Seitenansicht in Richtung der ersten Achse 30 für die siebente Ausführungsform. Dabei ist der in Form eines Kreuzes ausgeprägte erste Körper drehbar an dem Hebelarm 35 gelagert.

10

Teil des Hebelarms ist ein Verstellsystem 110, das als einstellbare Verlängerungsvorrichtung dient. Das Verstellsystem kann beispielsweise als Hydraulikmotor oder als Spindeltrieb ausgestaltet sein. Mit Hilfe des Verstellsystems 110 kann die Länge des Hebelarms 35 aktiv verändert werden. Damit kann der Abstand zwischen erster Welle 2 und zweiter Welle 9 je nach Wellenhöhe vergrößert oder verkleinert werden. Das Verstellsystem 110 wird durch eine nicht gezeigte Steuervorrichtung angesteuert.

20

In Figur 13 ist eine erfindungsgemäße Anordnung einer Energiewandlungseinheit 1 an einer Halterungseinrichtung 300 dargestellt. Die Halterungseinrichtung 300 ist pfahlförmig ausgestaltet und starr am Meeresboden 16 verankert. Am oberen Ende 301 der Halterungseinrichtung 300 ist eine beidseitige Lagerung 302 für eine Energiewandlungseinheit 1 gemäß der ersten Ausführungsform dargestellt, wobei hier auch alle anderen beschriebenen ein- und zweiachsigen Systeme eingesetzt werden könnten. Die Halterungseinrichtung 300 kann höhenverstellbar sein und durch eine Rotation um die vertikale Achse eine optimale Ausrichtung der Energiewandlungseinheit zur anströmenden Meereswelle gewährleisten. Ein Generator, eine Pumpe und/oder ein möglicherweise vorhandenes Getriebe zur Wandlung

30

des Drehmoments in eine andere Energieform sind vorgesehen, aber in der Figur nicht dargestellt.

In Figur 14 ist eine alternative Ausführung einer Halterungseinrichtung 300 dargestellt, bei der zwei Energiewandlungseinheiten 1, in dieser Darstellung gemäß der ersten Ausführungsform, beidseitig an der Halterungseinrichtung 300 angebracht sind. Hier kann unter Umständen sogar eine durchgehende Welle 2 für beide Energiewandlungseinheiten 1 gemeinsam genutzt werden.

Weitere Anordnungen von mehreren Energiewandlungseinheiten 1 an einer gemeinsamen Halterungseinrichtung 300 ableitbar. Insbesondere können auch mehr als zwei Energiewandlungseinheiten angeordnet werden, die dann beispielsweise hintereinander in einer Ebene sitzen können. Hierzu können an der Halterungseinrichtung 300 entsprechende Arme/Verzweigungen zur Halterung angebracht werden.

Figur 15 zeigt, wie eine erfindungsgemäße Energiewandlungseinrichtung 1 gemäß der achten Ausführungsform am Meeresboden befestigt wird. Die Energiewandlungseinrichtung 1 ist an der ersten Achse 2 über ein Podest 13 an einer Plattform 15 befestigt. An dieser Plattform 15 sind Schwimmkörper 14 angebracht, die jeweils die Plattform 15 nach oben ziehen. Zudem sind zwischen der Plattform 15 und dem Meeresboden 16 Taue/Ketten 17 angebracht, die dafür sorgen, dass eine bestimmte Höhe in Bezug auf den Meeresboden 16 eingehalten wird. Die Taue/Ketten 17 enthalten eine obere Befestigung zur Befestigung des Taus/der Kette an der Plattform 15 und eine untere Befestigung zur Befestigung am Meeresboden, beispielsweise Anker. Die Verankerung mit den Tauen/Ketten 17 wird auch als "Slack Mooring" bezeichnet, da die Vertauung so lo-

cker ist, so dass sich die Plattform 15 in gewissem Maße noch im Meer bewegen kann. In der Plattform sind zwei Verstellvorrichtungen 170 vorgesehen, auf die die Taue/Ketten 17 aufgewickelt werden können. Damit wird der Abstand zwischen der
5 Energiewandlungseinrichtung 1 und dem Meeresboden eingestellt. Alternativ ist insbesondere aber auch eine Einstellung des Abstands zum Meeresboden über die Schwimmkörper 14 möglich. Dazu wird der Auftrieb der Schwimmkörper z.B. durch Veränderung einer Gasfüllmenge variiert.

10

Dies kann insbesondere dazu genutzt werden, um besonders große und energiereiche Wellen bei Stürmen unbeschadet zu überstehen, indem das Gesamtsystem dann abgesenkt wird. Die Wellenhöhe hängt direkt mit der Wellenlänge zusammen und ist
15 auch mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit gekoppelt. Damit ist es relativ leicht möglich, diese Parameter zu bestimmen. Dies kann beispielsweise mit Hilfe von über der Anlage verteilten Drucksensoren geschehen.

20 Figur 16 zeigt in einer Seitenansicht eine alternative Befestigung einer Energiewandlungseinrichtung 1 am Meeresboden 16. Dabei sind Taue/Ketten 18 mit einer Befestigungsvorrichtung für die erste Achse/Welle 2 verbunden.

25 Vorzugsweise ist die Achse/Welle 2 so ausgelegt, dass der erste Körper einer Auftriebskraft unterliegt, die zusammen mit der Gewichtskraft und einer Befestigung am Meeresgrund 16 zu einer im Wesentlichen stabilen Position führt. Ist dies nicht durch eine entsprechende Auslegung realisierbar, so
30 werden Schwimmkörper 14 benötigt, die an der Achse/Welle 2 befestigt werden.

Figur 17 zeigt die gleiche Energiewandlungseinrichtung wie in Figur 16 in einer um 90° gedrehten Schnittansicht. Die Achse 2 ist über eine Befestigungsvorrichtung 120 fest mit den Tauen/Ketten 18 verbunden und der Zylinder 7 läuft um die Achse 2 herum.

In dieser Konfiguration führt der Zylinder 7 eine Taumelbewegung um die Achse 2 aus, was zu lokal wechselnden Abständen zwischen Achse 2 und der Zylinderinnenseite führt. Dadurch ist eine periodische Abstandsänderung im System vorgegeben. Weitere Elemente sind nicht notwendig, es ergibt sich hier aber eine relativ geringe Frequenz, da nur eine Aktuierung pro Umdrehung erfolgt. Eine Erhöhung der Frequenz kann jedoch leicht durch weitere Elemente eingebracht werden, die zu mehreren Abstandsänderungen pro Umdrehung führen.

Im Zylinder 7 ist eine Energiewandlungsmaschine 80, z.B. ein Generator zum Erzeugen elektrischer Energie vorgesehen.

In einer weiteren Ausführungsform wird die Änderung des Abstands zwischen Welle 2 und Zylinderinnenseite durch hydraulische Systeme wie z. B. eine Radialkolbenpumpe mit geschlossenem schnell laufenden Motorgeneratorsatz oder durch die mechanische Dehnung von elektroaktiven Polymeren wie z.B. dielektrischen Elastomeren in elektrische Energie gewandelt.

Figur 18 zeigt eine Verankerung mit einer erfindungsgemäßen Energiewandlungseinrichtung der fünften Ausführungsform. Dabei ist ein geschlossener Hohlzylinder 7 auf einer ersten Achse/Welle 2 gelagert. An einer Außenseite des Zylinders 7 ist eine geometrische Unsymmetrie, hier in Form eines radial abstehenden Flügels 8 angebracht. Durch diese Unsymmetrie

wird der Zylinder 7 in eine gleichförmige Drehbewegung versetzt.

Die Länge der Taue/Ketten 18 ist durch eine Steuereinheit
5 veränderbar. Dabei wird bei höheren Wellen die Welle 2 mit dem ersten Körper abgesenkt, während bei niedrigeren Wellenbewegungen das System auftaucht. Neben dieser Anpassung des Systems an die sich ändernden Randbedingungen, beispielsweise geänderte Wellenhöhe, durch Auf- und Abtauchen des Systems
10 ist auch eine aktive Änderung der Größe der Unsymmetrie realisierbar. Dabei wird der Flügel 8 je nach Wellenhöhe ausgefahren oder eingefahren. Die aktive Änderung der Änderung kann beispielsweise mit Spindelsystemen umgesetzt werden.

15 In der gezeigten Ausführungsform fällt die erste Achse 2 mit der Achse des Hohlzylinders 7 zusammen. Auf der Wellen- oder auf der Innenseite des Zylinders 7 sind Strukturen aufgebracht, die zu einer periodischen Änderung des Abstands zwischen Achse und Hohlzylinder führen. Hierbei kann es sich
20 beispielsweise um Kurbelscheiben oder Einbuchtungen auf der Innenseite handeln, die entweder durch Bauteile oder durch Einschiebungen im Gehäuse erreicht werden können. Hierbei ist sowohl eine periodische Änderung pro Umdrehung möglich als auch eine mehrfache Ausgestaltung der Unsymmetrien über den
25 Umfang, um eine erhöhte Energieausbeute zu erreichen.

Alternativ ist auch die Ausgestaltung der Achse in Form einer Kurbelwelle möglich, bei der die Wellenabschnitte von der Hauptachse versetzt angeordnet sind.

30

Generell ist es möglich, über die Länge des Zylinders 7 verteilt mehrere Systeme parallel nebeneinander anzuordnen. Um eine Unwucht des Systems zu vermeiden und zusätzlich einen

gewissen konstanten Energieoutput zu erreichen, sollen Unsymmetrien in vorteilhafter Weise winkelfersetzt angeordnet werden. Bei Einschnürung am Gehäuse können diese dann stufenweise versetzt angeordnet werden. Es ist jedoch auch eine spiralförmige Ausführung denkbar.

In der Ausführungsform gemäß Figur 19 ist ein Achsenunsymmetrischer Körper 70 auf der Welle 2 gelagert. Zur Erhöhung der Unsymmetrie ist ein von dem Körper abstehender Flügel 8 vorgesehen.

Figur 20 zeigt eine Baugruppe aus einer Aufhängung 12 und einer Vielzahl von Energiewandlungseinrichtungen 1. Die Aufhängung 12, die auch als Gehäuse bezeichnet wird, enthält zwei Träger, zwischen denen sich die Energiewandlungseinrichtungen 1 erstrecken. Die Wellen 2 der Energiewandlungseinrichtungen 1 sind an ihren beiden Enden jeweils mit einem der Träger der Aufhängung 12 verbunden bzw. in diesem drehbar gelagert. Die Energiewandlungseinrichtungen 1 dieser Darstellung entsprechen jeweils der zehnten Ausführungsform. Es können aber auch alle anderen Ausführungsformen verwendet werden.

Figur 21 zeigt die gleiche Aufhängung, bei der allerdings die Energiewandlungseinrichtungen 1 jeweils der neunten Ausführungsform entsprechen.

Zusätzlich zu der in Figur 20 und 21 gezeigten Aufhängung können noch Querverstrebungen zur Gehäusestabilisierung sowie weitere Systeme wie Antriebstrang, Getriebe, Generatoren und/oder Pumpen an der Aufhängung 12 vorgesehen werden. In den Figuren 20 und 21 ist gut zu erkennen, dass die verschiedenen Zylinder bzw. Flügel unterschiedliche Phasenlagen haben, die sich aus ihren Positionen relativ zur Phasenlage der

Meereswelle ergeben. Das System wird hierbei in Längsrichtung von den Meereswellen überströmt.

Mehrere Energiewandlungseinrichtungen 1 werden damit in einem
5 gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Dadurch können die Gesamtkosten deutlich gesenkt werden, so dass sich ein System gestalten lässt, das selbst-referenzierend unter der Wasseroberfläche schwimmt und beispielsweise nur mit einem, nicht dargestellten, so genannten "Slack Mooring" am Meeresgrund befestigt wird. Des Weiteren wird es dadurch möglich, dass ein Generator für mehrere Getriebestränge gemeinsam verwendet wird. Zudem ist der Gesamtenergieausstoß eines derartigen Systems entsprechend der Anzahl der im Gesamtsystem integrierten Energiewandlungseinrichtungen 1 größer, was auch die relativen
10 Kosten der Energieabführung, beispielsweise mit Hilfe eines Stromkabels, senkt.

Mehrere derartige Gesamtsysteme können auch unabhängig voneinander oder gekoppelt nebeneinander angeordnet werden, was
20 die relativen Kosten der Energieabführung weiter senkt. Bei einer Kopplung kann zusätzlich die Anzahl der Träger verringert werden.

In einer Ausführungsform wird das Gehäuse mit Hilfe einer Ausrichtungsvorrichtung automatisch so ausgerichtet, dass die
25 Wellen die ersten Körper der Energiewandlungseinrichtungen immer aus der optimalen Richtung anströmen. Prinzipiell sollte sich das System jedoch selbstständig korrekt zur Wellenausbreitung ausrichten, wenn das Mooring-System am vorderen
30 Ende des Systems angreift.

Der Abstand in Längsrichtung von nebeneinander liegenden Energiewandlungseinrichtungen 1 wird so gewählt, dass ein aus-

reichendes Umspülen sichergestellt wird. Es ist zu erwarten, dass die Wellenhöhe nach mehreren Energiewandlungseinrichtungen 1 abnimmt, so dass eine hinten gelegene Energiewandlungseinrichtung 1 weniger Wellenenergie als eine vordere empfängt. Dies wird zu einem gewissen Teil dadurch ausgeglichen, dass sich Wellenkämme hinter Objekten wieder schließen. Die zu den Seiten der Mehrfachaufhängung laufende Welle würde dann kontinuierlich Energie in das System nachliefern. Vorteilhaft ist es deswegen, die Träger der Aufhängung nicht zu massiv auszuführen, was zum einen Materialkosten spart, zum anderen insbesondere aber auch einen derartigen Energietransfer zu den Energiewandlungseinheiten 1 erleichtert.

Da die Energiewandlungseinrichtungen 1 durch ihre Abmessung auf eine bestimmte Wellenhöhe hin optimiert sind, kann es vorteilhaft sein, die hinteren Energieumwandlungseinheiten entsprechend kleiner auszulegen. Alternativ ist es auch denkbar, das Gesamtsystem gleich gekippt ins Wasser zu stellen, so dass die vorderen Energiewandlungseinrichtungen 1 etwas tiefer im Wasser liegen als die hinteren. Da der Durchmesser der Orbitalbewegung mit zunehmender Wassertiefe abnimmt, würde die vordere Energiewandlungseinrichtung 1, die die ungedämpfte Welle sieht, durch den gleichen orbitalen Durchmesser angeregt wie die hintere Energiewandlungseinrichtung 1, die zwar bereits von einer gedämpften Welle angeregt wird, dafür aber die größeren Orbitale nahe der Oberfläche sieht.

Alternativ ist auch die Bestimmung der Phasenlage der Rotoren zueinander denkbar. Es kann aber auch die Gesamtleistungsausgabe der Anlage gemessen werden. Überschreitet diese einen definierten Wert, kann die Maschine zum Schutz abtauchen.

Die Figuren 22 bis 26 zeigen weitere Gehäuse für die Energiewandlungseinrichtungen.

Figur 22 zeigt ein Modul mit einer Aufhängung 12, die aus einer Vielzahl von Metallverstrebungen 20 besteht. Diese sind rechts und links der Energiewandlungseinrichtung 1 angebracht. Querstreben 200 sorgen für zusätzliche Stabilität.

Figur 23 zeigt das Modul aus Figur 22 in der Seitenansicht mit Blick auf die Welle 2.

Figur 24 zeigt ebenfalls das Modul aus Figur 22 in einer weiteren Seitenansicht, wobei die erste Achse 30 längs von links nach rechts verläuft.

Figur 25 zeigt, wie eine Vielzahl von Modulen gemäß Figur 22 aneinander montiert sind, um ein gemeinsames Gehäuse bereitzustellen.

Figur 26 zeigt die Baugruppen aus Figur 25 in einer Seitenansicht.

Eine wesentliche Herausforderung ist die im Wesentlichen ortsfeste Halterung der ersten Welle/Achse 2, da diese ansonsten durch die Orbitalbewegung der Wassermoleküle ebenfalls auf eine Kreisbahn gezwungen würde. Damit entfielen die Relativbewegung des ersten Körpers zu der Achse/Welle 2. Die Energiewandlungseinheit 1 würde nicht funktionieren.

Besonders bei hohen Wassertiefen ist es aufwändig und teuer, eine Halterung für nur eine Energiewandlungseinrichtung bereitzustellen, die diese nahezu ortsfeste Halterung der Achse/Welle 2 sicherstellt. Deswegen ist es besonders vor-

teilhaft, mehrere Energiewandlungseinrichtungen miteinander in einem gemeinsamen Gehäuse zu befestigen. Ein solches selbst-referenzierendes System erstreckt sich in Wellenausbreitungsrichtung und ist mit Hilfe von Schwimmhilfen derart ausgelegt, dass es unterhalb der Wasseroberfläche schwebt. Die Befestigung am Grund kann beispielsweise mit einem Slack-Mooring erfolgen.

Alternativ ist auch eine auf der Wasseroberfläche schwimmende Trägerstruktur mit entsprechenden Verlängerungen in das Wasser hinein möglich, an denen die Energiewandlungseinheiten angebracht sind.

Durch eine entsprechende Ausdehnung des Systems über idealerweise mindestens zwei Wellenlängen, dies entspricht ca. 400 bis 500 m, ergibt sich ein ruhender Träger, der nicht von den Wellenhüben beeinflusst wird. Die auftretenden Kräfte und Drehmomente heben sich gegenseitig auf. Jedoch ist auch bereits bei deutlich kleineren Strukturen von z.B. $\frac{1}{4}$ einer Wellenlänge ein weitgehend ruhendes System möglich.

Durch die gezeigte Aufbauform des Trägersystems aus Modulen ist eine Fertigung großer Strukturen möglich.

Da die Abmessung der Energiewandlungseinheiten an den Wellenhub und damit an die Orbitalbewegung der Wassermoleküle angepasst ist, ergibt sich durch die Anpassung der Tauchtiefe eine besondere, effiziente Form der Anpassung an geänderte Betriebsbedingungen. Dies resultiert aus stark abnehmendem Durchmesser der Orbitalbewegung mit zunehmender Wassertiefe.

Die Phasenlage der Rotoren zu den Wellen könnte ebenfalls über die Drucksensoren ausgewertet werden. Alternativ ist auch

die Verwendung von Referenzrotoren denkbar, die drehmomentfrei gelagert sind. Die relative Lage kann dann beispielsweise mit Beschleunigungssensoren relativ leicht ausgewertet werden.

5

Die Energiewandlungseinheiten der Figuren 22 bis 26 entsprechen dem Ausführungsbeispiel fünf. In Figur 22 ist zudem eine Unterteilung des Zylinders 7 und des Flügels 8 in einen linken 106, 108 und einen rechten Bereich 107, 109 dargestellt.

10 Mit einer derartigen Unterteilung ist es möglich, eine Überwachung der Phasenlage des Rotors relativ zur Welle zu erreichen, wenn der eine Teil des Rotors drehmomentenfrei gelagert ist. Alternativ ist auch eine Unterteilung des Rotors in n unabhängige Segmente möglich, die jedoch alle über einen entsprechenden Mechanismus ein Drehmoment übertragen können. Ein
15 derartig segmentierte Rotor bietet Vorteile in Bezug auf eine schräge Anströmung der Energiewandlungseinrichtung.

Um eine Abschattung von hintereinander angeordneten Modulen
20 zu vermeiden, sind auch andere Anordnungen möglich. Es ist bekannt, dass Wasserwellen nach einem Hindernis wieder zusammenlaufen. Aber bei Strukturen mit einer Gesamtlänge von mehreren 100 m kann es trotzdem dazu kommen, dass die hinteren Rotoren mit deutlich verringerten Wellenhüben beaufschlagt
25 werden. Zur Vermeidung dieser Effekte werden auch die Anordnung gemäß der Figuren 27 vorgestellt.

Figur 27 zeigt eine weitere alternative Anordnung von Energieumwandlungseinheiten 1 in einer Aufhängung. Die Aufhängung
30 weist eine V-Form auf und in den Flügeln des V sind jeweils Energieumwandlungseinheiten 1 untergebracht.

Die Figuren 28a, b und c zeigen weitere Ausgestaltungsmöglichkeiten für eine Energiewandlungseinrichtung gemäß den siebten bis elften Ausführungsbeispielen in einer Längsansicht und in einer Seitenansicht.

5

Der Kopplungskörper 7 ist als Zylinder ausgeführt. Dieser ist über Hebelarme 35 an der ersten Welle 2 gehalten. Die Hebelarme 35 stellen die mechanische Aufhängung einer zweiten Welle 9 dar, welche aus dem Zylinder 7 mittig herausragt.

10

Gemäß der in Figur 28a dargestellten Variante setzen sich die Hebelarme 35 von der Welle 9 ausgehend über die Welle 2 hinweg fort und stehen über den Zylinder 7 hinaus vor. An ihrem in der Figur 28a unteren Endabschnitt sind die an beiden Zylinderseiten angeordneten Hebelarme 35 über eine Querstrebe 15 300 verbunden, welche sich parallel zum Zylinder 7 erstreckt.

Die Figur 28b zeigt eine Variante dieser Ausgestaltung: Der Hebelarm 35 erstreckt sich von der Welle 2 ausgehend über die 20 Welle 9 hinweg und steht mit in der Figur 28b oben angeordneten Endabschnitten über den Zylinder 7 hinaus vor. Wieder sind die über den Zylinder 7 hinaus vorstehenden Endabschnitte der Hebelarme 35 über eine Querstrebe 300 verbunden. Während gemäß der Figur 28a die Querstrebe 300 und die Welle 2 25 aus Sicht der Welle 9 auf der gleichen Seite angeordnet sind, sind diese gemäß Figur 28b auf unterschiedlichen Seiten der Welle 9 angeordnet.

Eine weitere Variante ist in Figur 28c dargestellt. Dort 30 erstrecken sich die Hebelarme 35 von der Welle 9 ausgehend beidseitig über den Zylinder 7 hinaus und sind mit zwei Querstreben 300 und 301 verbunden.

In den Figuren 29a und 29b sind weitere Varianten zu der Grundkonstruktion aus den Figuren 28 a bis c gezeigt.

Der Zylinder 7 besitzt die Achse bzw. Welle 9, welche von den Hebelarmen 35 an der Welle 2 gehalten ist. An den Hebelarmen 35 sind jeweils Radialstreben 302 rechtwinklig davon abste-
hend befestigt. Die Radialstreben 302 an den beiden Seiten des Zylinders 7 sind an ihren über den Zylinder 7 herausste-
henden Endanschnitten durch eine Querstrebe 300 verbunden.

Wie die Figur 29b zeigt, ist es natürlich auch möglich, Radialstreben 302 beidseitig an den Hebelarmen 35 anzusetzen und somit zwei Querstreben 300 und 301 vorzusehen, die in der Figur 29b vor und hinter dem Zylinder 7 die Radialstreben 302 verbinden.

Aufgrund der großen Abmessungen - die Zylinder können beispielsweise einen Durchmesser von 10m und eine Länge von 20m aufweisen - und den hohen auftretenden Drehmomenten an den Kurbeltrieben sind die mechanischen Anforderungen an die Kurbeltriebe besonders groß. Dies trifft insbesondere für eine ungleichförmige Belastung, beispielsweise bei einer leicht schräg orientierten Anströmung der Zylinder zu. In diesem Fall kann es unter Umständen zu einer Verwindung des Zylinders und damit verbunden zu einer windschiefen Ausrichtung der beiden Kurbelarme kommen. Die in den Figuren 28 a bis c und 29 a und b gezeigte konstruktive Lösung ist geeignet, dies zu unterbinden und zu verhindern, dass die beiden Kurbeltriebe windschief zueinander ausgerichtet sind. Dadurch werden eine verbesserte Stabilität der Maschine, eine geringere Belastung der Lager und damit eine verbesserte Lebensdauer erreicht.

Allgemein gesagt, werden zusätzlichen Verstrebungen zwischen den beiden Kurbeltrieben eines Zylinders, durch die zusätzliche Kräfte aufgenommen werden können, eingesetzt. Damit ergibt sich die beschriebene Verbesserung.

5

Aus Festigkeitserwägungen empfiehlt es sich, ein Hohlprofil für die Querstreben 300 und 301 bzw. die Radialstreben 302 oder die Hebelarme 35 zu verwenden. Es können jedoch auch Trägerprofile wie H-Profile oder T-Profile zum Einsatz kommen. Die Querstreben 300 und 301 können alternativ mit einem strömungsgünstigen Querschnitt, z.B. einer Kreis- oder Ellipsenform ausgeführt sein. Angesichts der Verwendung der Energiewandlungseinrichtung unter Wasser ist rostfreier Stahl als Material für die Querstreben 300, 301 und Radialstreben 302
10 geeignet.
15

Die vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiele und Figuren dienen lediglich dem besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung, sie schränken die Erfindung nicht etwa auf die
20 Ausführungsbeispiele ein. Die Figuren sind teilweise grob schematisch gehalten, der Effekt bzw. die Auswirkungen zum Teil deutlich vergrößert bzw. übertrieben dargestellt, um die Funktionsweisen, Wirkprinzipien, technischen Ausgestaltungen und Merkmale zu verdeutlichen. Grundsätzlich kann jede Funk-
25 tionsweise, jedes Prinzip, jede technische Ausgestaltung und jedes Merkmal, welches/welche in den Figuren oder im Text gezeigt ist/sind, mit allen Ansprüchen, jedem Merkmal im Text und in den anderen Figuren, anderen Funktionsweisen, Prinzipien, technischen Ausgestaltungen und Merkmalen, die in die-
30 ser Offenbarung enthalten sind oder sich daraus ergeben, frei und beliebig kombiniert werden, so dass alle denkbaren Kombinationen dem Offenbarungsumfang der Erfindung hinzuzurechnen sind. Dabei sind auch Kombinationen zwischen allen einzelnen

Ausführungen im Text, d.h. in jedem Abschnitt des Beschreibungstexts, in den Ansprüchen und auch Kombinationen zwischen verschiedenen Ausführungsbeispielen im Text, in den Ansprüchen und in den Figuren umfasst.

5

Auch die Ansprüche begrenzen bzw. limitieren nicht die Offenbarung und damit die Kombinationsmöglichkeiten aller aufgezeigten Merkmale untereinander. Alle aufgezeigten Merkmale sind explizit auch einzeln und in Kombination mit allen anderen Merkmalen der Erfindung von dieser Offenbarung umfasst.

10

Bezugszeichenliste

	1	Energiewandlungseinrichtung
5	2	Welle
	3	Flügel
	4	ausgespartes Brett
	5	Zylinder
	6	Zylinder
10	7	Zylinder
	8	Flügel
	9	Welle
	11	Flügel
	12	Aufhängung
15	13	Podest
	14	Schwimmkörper
	15	Plattform bzw. Plateau
	16	Meeresboden bzw. Meeresgrund
	17	Tau
20	18	Tau
	20	Streben
	22	Welle
	30	Achse
	31	Achse
25	35	Hebelarm
	80	Generator
	81	Rotor
	106	Zylinder
	107	Zylinder
30	108	Flügel
	109	Flügel
	110	Verlängerungsvorrichtung
	120	Befestigungsvorrichtung

170	Verstellvorrichtung
200	Querstreben
300	Querstrebe
301	Querstrebe
5 302	Radialstrebe

Patentansprüche

1. Energiewandlungseinrichtung zur Umwandlung von Energie
zwischen einer Wellenbewegung in einem Fluid und einer
5 anderen Energieform, umfassend:
mindestens einen im Fluid angeordneten Kopplungskörper
(3, 7), welcher dazu eingerichtet ist an zumindest eine
Komponente einer der Wellenbewegung des Fluids zugeord-
neten Orbitalströmungsbewegung zu koppeln, und
10 eine Führungseinrichtung (2, 35), die eine geführte,
endlos umlaufende Orbitalbewegung und/oder Drehbewegung
des mindestens einen Kopplungskörpers (3, 7) vorgibt,
wobei die Führungseinrichtung (2, 35) einen Abtrieb auf-
weist, an dem sie die Umlaufbewegung und/oder die Dreh-
15 bewegung in ein Drehmoment umsetzt.
2. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch ge-
kennzeichnet, dass der Kopplungskörper (3, 7) und die
Führungseinrichtung (2) konstruktiv so gestaltet sind,
20 dass im Verlauf einer Periode der Wellenbewegung der
Kopplungskörper (3, 7) im Wesentlichen einen vollständi-
gen Umlauf der Orbitalbewegung und/oder Drehbewegung
ausführt.
- 25 3. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Abtrieb eine Abtriebs-
welle (2) umfasst, an der eine Energiewandlungsmaschine,
insbesondere ein Generator, insbesondere ein hydromecha-
nische Maschine, insbesondere eine Pumpe, - insbesondere
30 mittels eines Getriebes - angekoppelt sind.

4. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungseinrichtung (2, 35) die Umlaufbewegung und/oder die Drehbewegung um eine im Wesentlichen horizontal ausgerichtete Bewegungsachse (30) führt.
5. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper (3, 7) und/oder die Führungseinrichtung (2, 35) bei einer vorgegebenen Umlaufstellung ihre räumliche hauptsächlichliche Ausdehnung im Wesentlichen auf einer Seite einer Ebene, in der die Bewegungsachse (30) verläuft, besitzt, wobei der Kopplungskörper (3, 7) und/oder die Führungseinrichtung (2, 35) insbesondere exzentrisch bezüglich der Bewegungsachse gestaltet sind.
6. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper (3, 7) nach Art eines Kurbelgetriebes bezüglich der Bewegungsachse (30) angelenkt ist.
7. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungseinrichtung (2, 35) eine Kurbel umfasst, welche den Kopplungskörper (3, 7) um die Bewegungsachse führt.
8. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsachse (30) durch den Kopplungskörper (3, 7) verläuft.
9. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsachse (30) außerhalb des Kopplungskörpers (7) verläuft.

10. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hebelarm (35) des Kurbelgetriebes eine Längenverstelleinrichtung (110) umfasst, durch welche der Hebelarm (35) in seiner wirksamen Länge verstellbar ist.
11. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Längenverstelleinrichtung (110) eine Linearführung und/oder einen Hydrozylinder und/oder einen Spindeltrieb und/oder einen im Wesentlichen parallel zur Bewegungsachse angeordneten mit einem Drehantrieb versehenen Rotationskörper und/oder eine Blockiereinrichtung umfasst.
12. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung vorhanden ist, mit welcher die Länge des Hebelarms (35) an eine räumliche Ausdehnung der Orbitalströmungsbewegung im Fluid anpassbar ist und/oder mit welcher die Länge des Hebelarms während des Umlaufs an eine Bahnform der Orbitalströmungsbewegung im Fluid - insbesondere eine Elliptizität - anpassbar ist.
13. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper (3, 7) drehbar auf der Führungseinrichtung (2, 35) gelagert ist.
14. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ausrichtevorrichtung vorhanden ist, die den Kopplungskörper in einer vorgegebenen Win-

kellage seiner Drehachse in einem ortsfesten Koordinatensystems ausrichtet.

15. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1
5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper
(3, 7) drehfest mit der Führungseinrichtung (2, 35) verbunden ist.
16. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1
10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper
(3, 7) im Wesentlichen einen länglichen, sich horizontal
erstreckenden flächigen, insbesondere rechteckigen Auf-
riss besitzt, und welcher insbesondere Strukturen zur
Erzielung eines hohen Strömungswiderstandes aufweist.
- 15 17. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1
bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper
(7) im Wesentlichen die Form eines länglichen Zylinders
(7) besitzt.
- 20 18. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1
bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper
(3, 7) nach Art eines senkrecht zu seiner Drehachse an-
geströmten Rotors, und/oder nach Art eines Rotors, der
25 eine senkrecht zu seiner Drehachse ausgerichtete Anströ-
mung unabhängig vom Anströmungswinkel in Rotationsbewe-
gung umsetzt, gestaltet ist.
- 30 19. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 18, dadurch
gekennzeichnet, dass der Rotor zu der Klasse der Wider-
standsläufer, der Auftriebsläufer und/oder einer Kombi-
nation der beiden gehört.

20. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper als einflügeliger Rotor gestaltet ist.
- 5 21. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine maximale radiale Ausdehnung des Rotor in etwa einem Radius der Orbitalströmungsbewegung im Fluid am Standort der Energiewandlungseinrichtung entspricht oder kleiner als der besagte Radius ist.
- 10 22. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopplungskörper (3, 7) im Wesentlichen die gleiche mittlere Dichte wie das Fluid besitzt, wobei der Kopplungskörper insbesondere eine mittlere Dichte im Bereich zwischen 900 kg/m³ und 1.100 kg/m³ aufweist.
- 15 23. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine Trägerstruktur (12) vorhanden ist, an welcher sich die Führungseinrichtung (2, 35) abstützt.
- 20 24. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerstruktur (12) am Meeresboden - insbesondere über eine Dämpfungseinrichtung - verankert ist.
- 25 25. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerstruktur Auftriebskörper besitzt, durch welche die Trägerstruktur (12) schwimmfähig ist, insbesondere wobei die Träger-
- 30

struktur (12) nach Art eines Slack Moorings verankert ist.

- 5 26. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerstruktur (12) und/oder eine Haltevorrichtung der Führungseinrichtung an der Trägerstruktur hinsichtlich einer Eintauchtiefe verstellbar sind.
- 10 27. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass an einer Trägerstruktur (12) mehrere Kopplungskörper (3, 7) über entsprechende Führungseinrichtungen (2, 35) angeordnet sind.
- 15 28. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Kopplungskörper (3, 7) linear hintereinander, insbesondere parallel, angeordnet sind und/oder dass mehrere Kopplungskörper (3, 7) im Wesentlichen parallel mit seitlichem Versatz bezüglich ihrer Längsachse oder Bewegungsachse, insbesondere in Dreiecksformation, Dreiecksflächenformation oder in V-Formation angeordnet sind.
- 20 29. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass an der Trägerstruktur (12) eine Einrichtung vorhanden ist, welche einen Energieertrag mehrerer Kopplungskörper ausgangsseitig zusammenfasst.
- 30 30. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerstruktur (12) über eine passive oder aktive Azimuthausrichtungsaordnung entlang einer Wellenrichtung ausrichtbar ist.

31. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass an der Trägerstruktur (12) eine Windkraftanlage angeordnet ist.

5 32. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand zwischen den Abstützpunkten mehrere Führungseinrichtungen verstellbar ist.

10 33. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung vorhanden ist, welche den Energieertrag durch eine Änderung der Eintauchtiefe steuert.

15 34. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass an zwei Stirnseiten der Kopplungseinrichtung jeweils eine Führungseinrichtung vorhanden ist, und dass diese zwei Führungseinrichtungen durch zumindest eine Querstrebe verbunden sind.

20

25 35. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungseinrichtungen jeweils als Kurbelgetriebe ausgebildet sind, und dass Arme der Kurbelgetriebe durch die zumindest eine Querstrebe verbunden sind.

30 36. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Arme über den Kopplungskörper hinaus verlängert sind, und dass die zumindest eine Querstrebe außerhalb des Kopplungskörpers, im Wesentlichen parallel zu dem Kopplungskörper befestigt ist.

37. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass an gegenüberliegenden sich über den Kopplungskörper hinaus erstreckenden Abschnitten der Arme jeweils Querstreben befestigt sind.

5

38. Energiewandlungseinrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Arme über eine Längsachse des Kopplungskörpers hinaus verlängert sind, und dass die zumindest eine Querstrebe innerhalb des Kopplungskörpers, im Wesentlichen parallel zu der Längsachse des Kopplungskörpers befestigt ist.

10

39. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 35, bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass an den Armen ange-setzte Radialstreben vorhanden sind, an welchen die zumindest eine Querstrebe befestigt ist.

15

40. Energiewandlungseinrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Querstrebe ein Hohlprofil, ein Kreisprofil, ein T-Profil, ein H-Profil, und/oder ein Rechteckprofil aufweist.

20

25

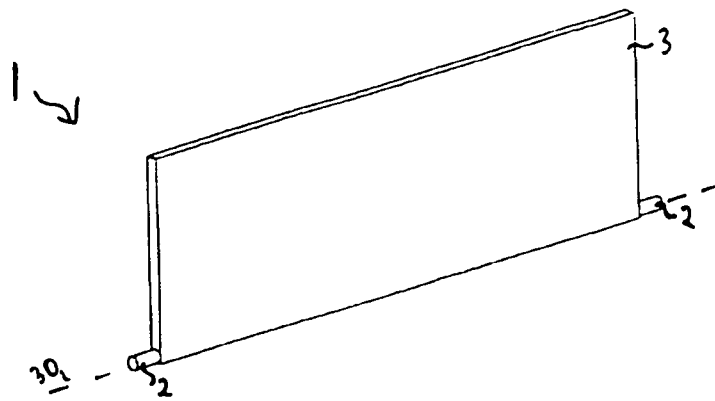


Fig. 1

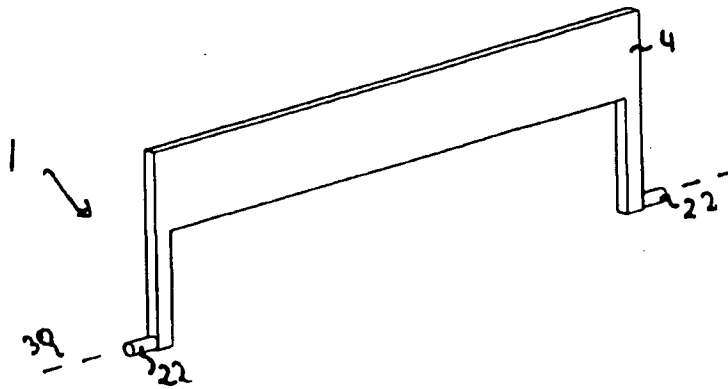


Fig. 2

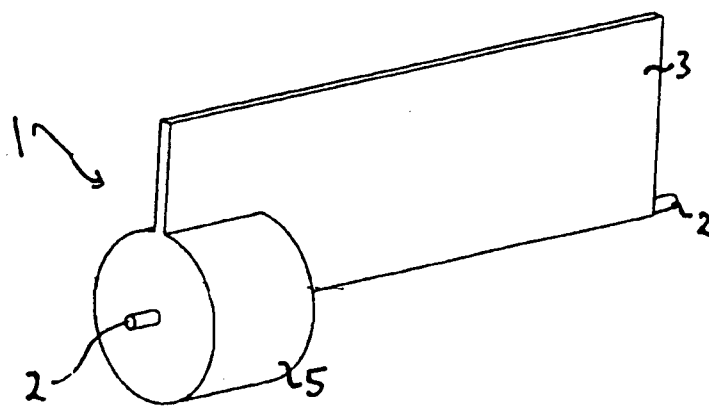


Fig. 3

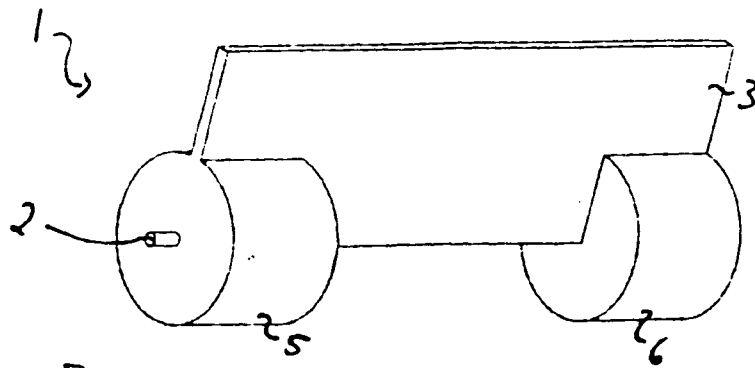


Fig. 4

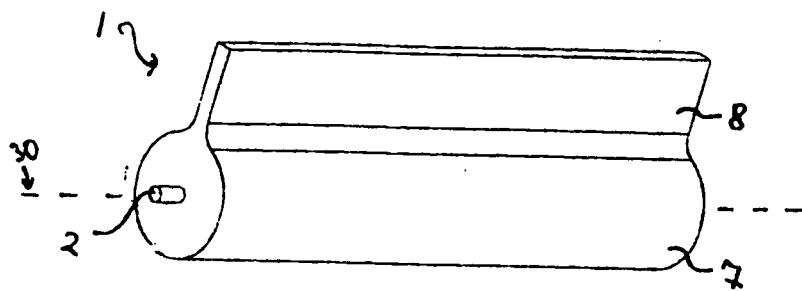


Fig. 5

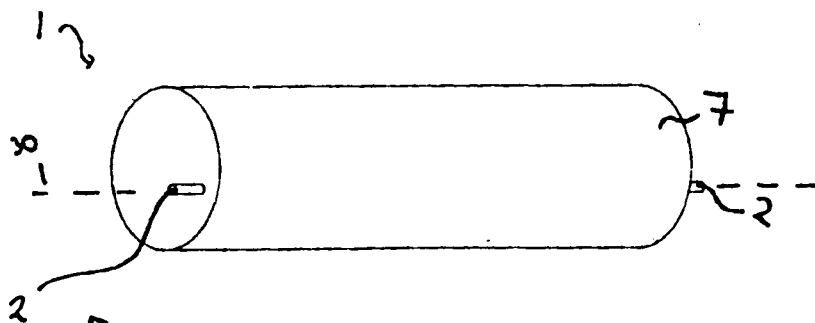
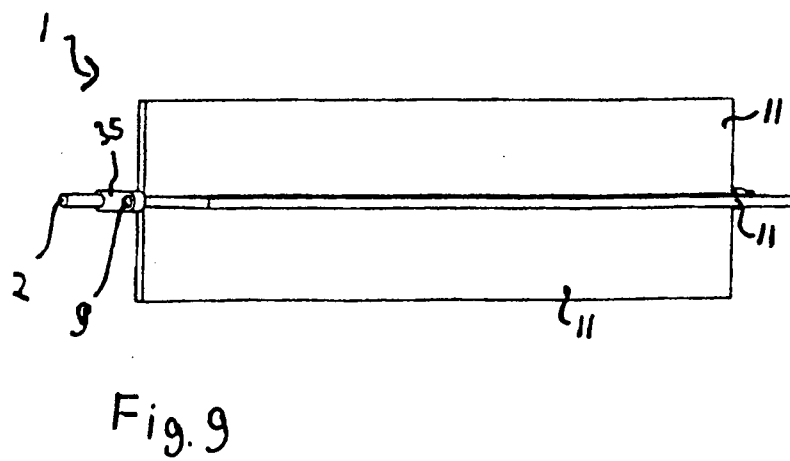
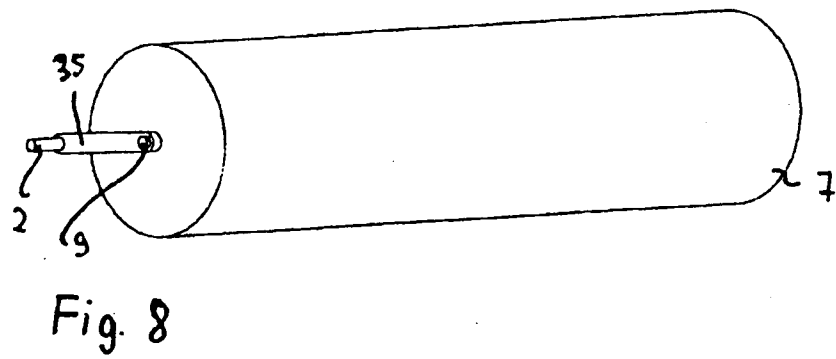
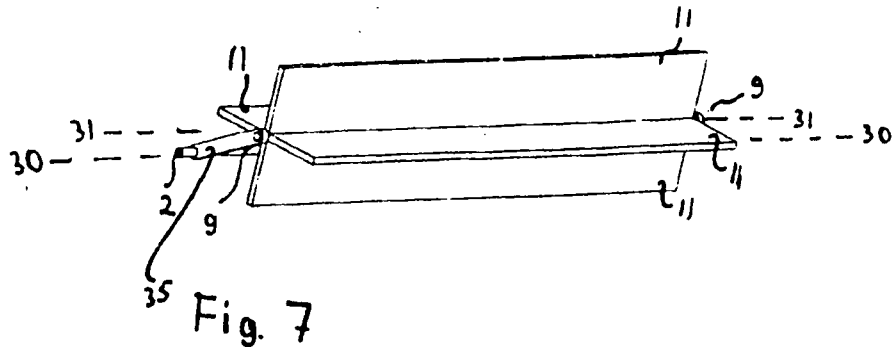


Fig. 6



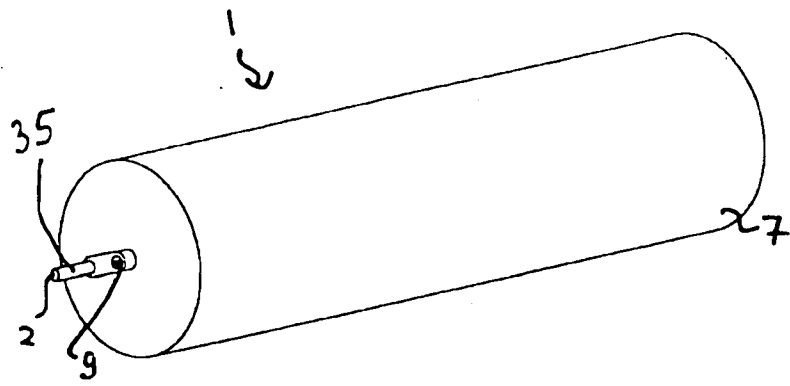


Fig. 10

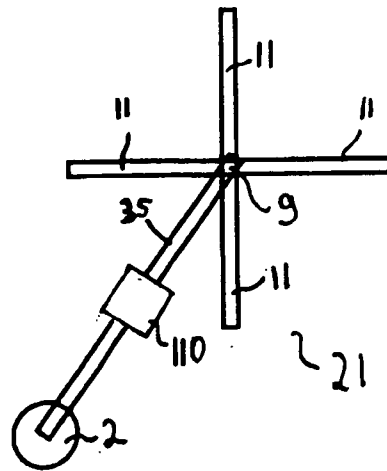


Fig. 11

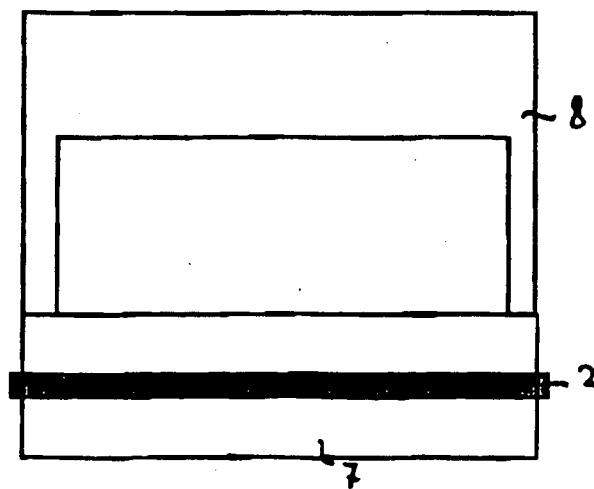
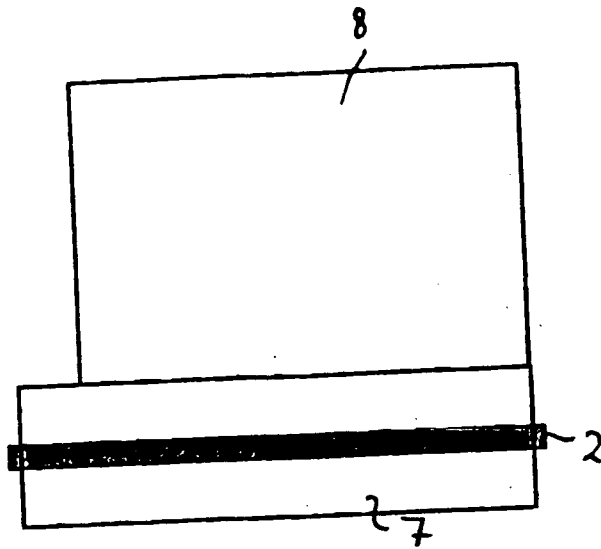


Fig. 12

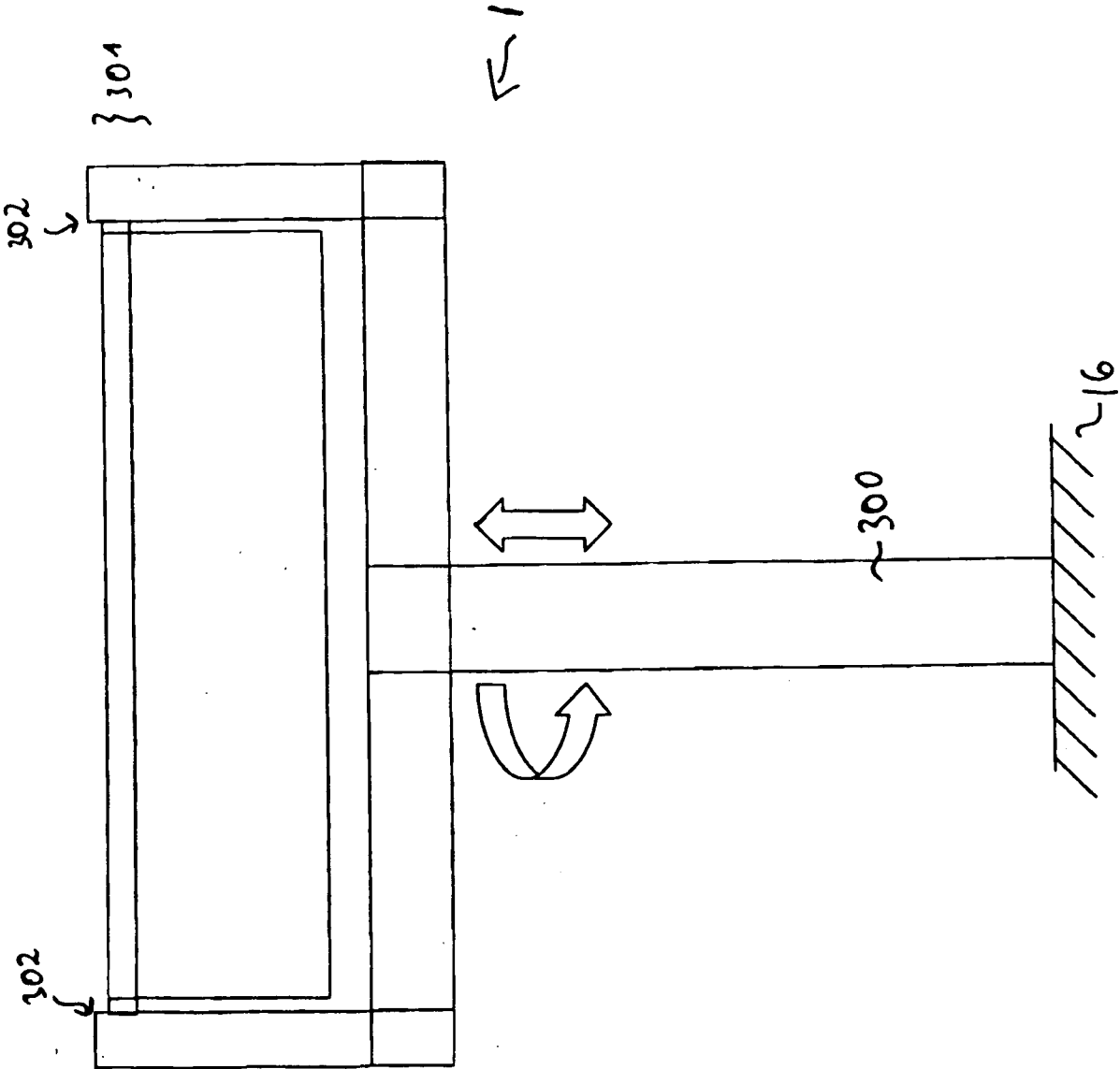


Fig. 13

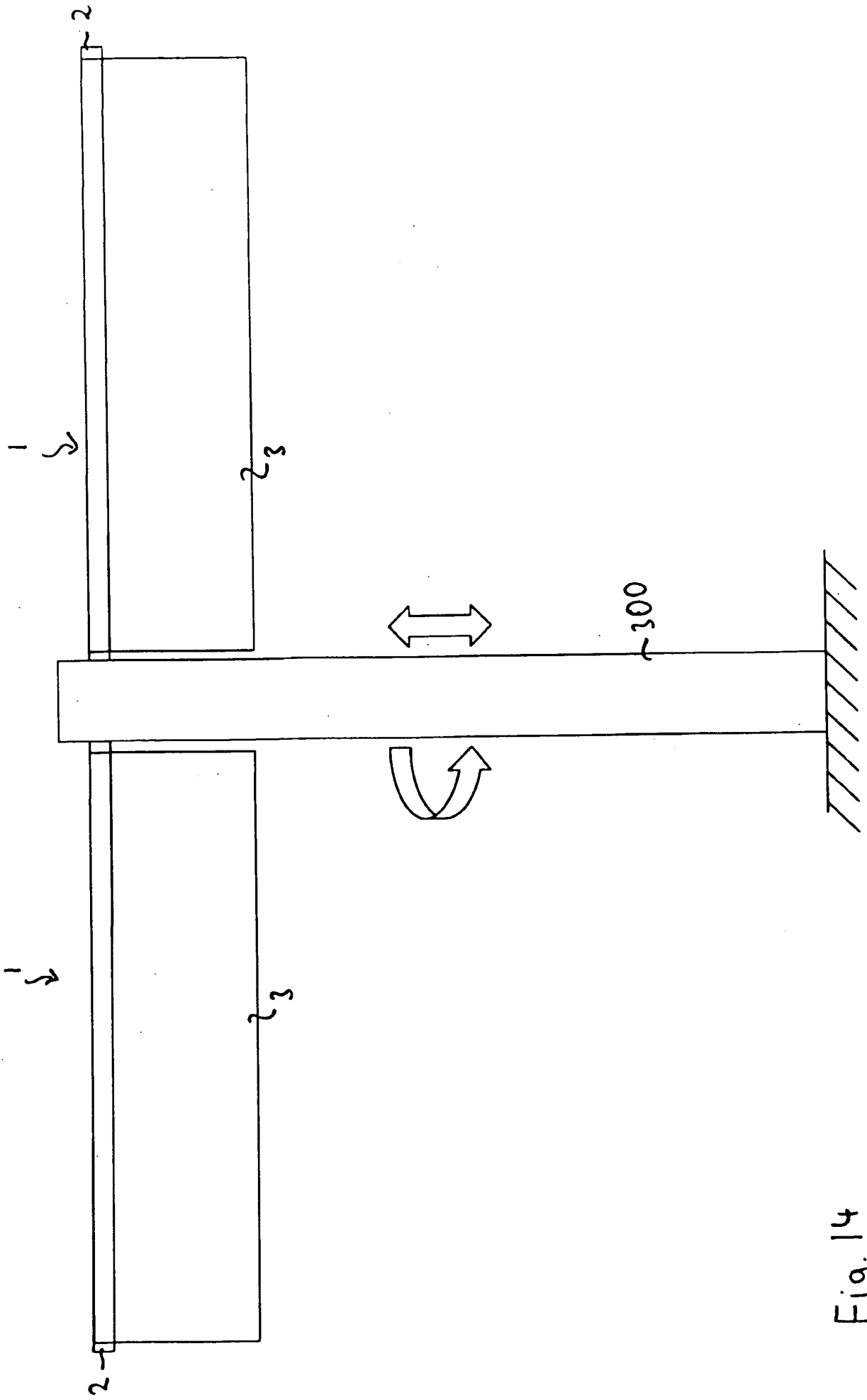


Fig. 14

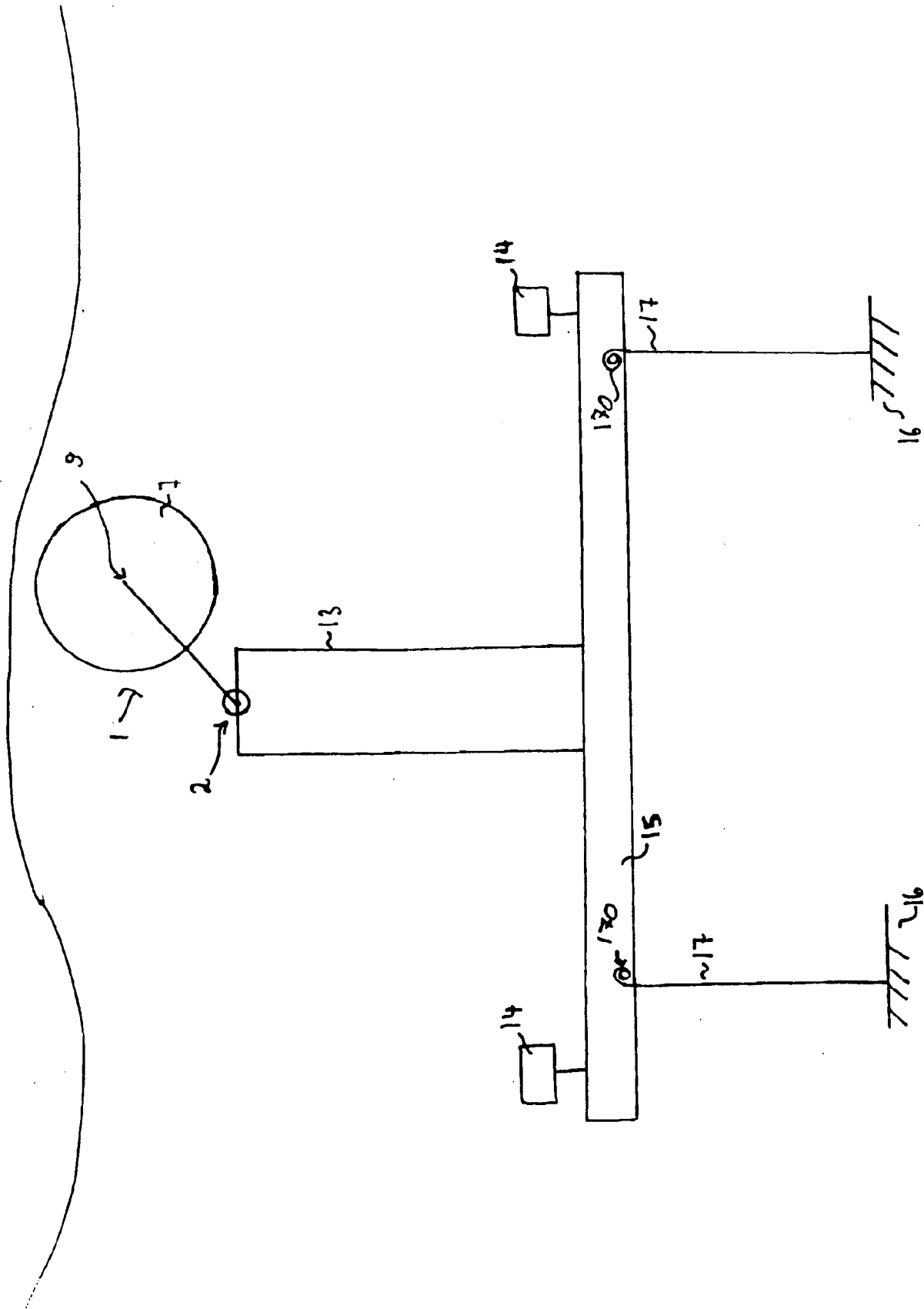


Fig. 15

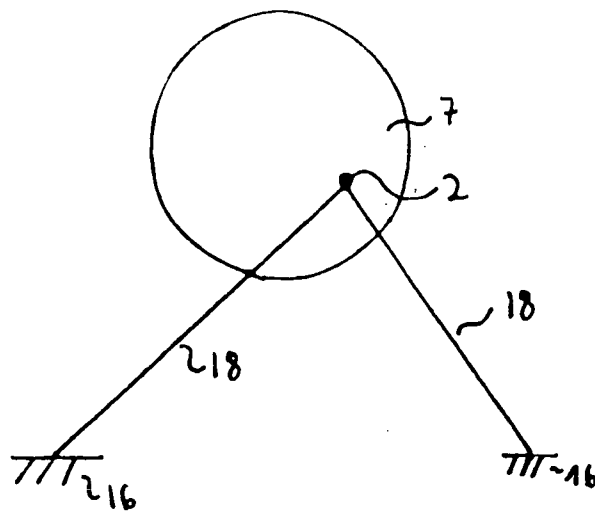


Fig. 16

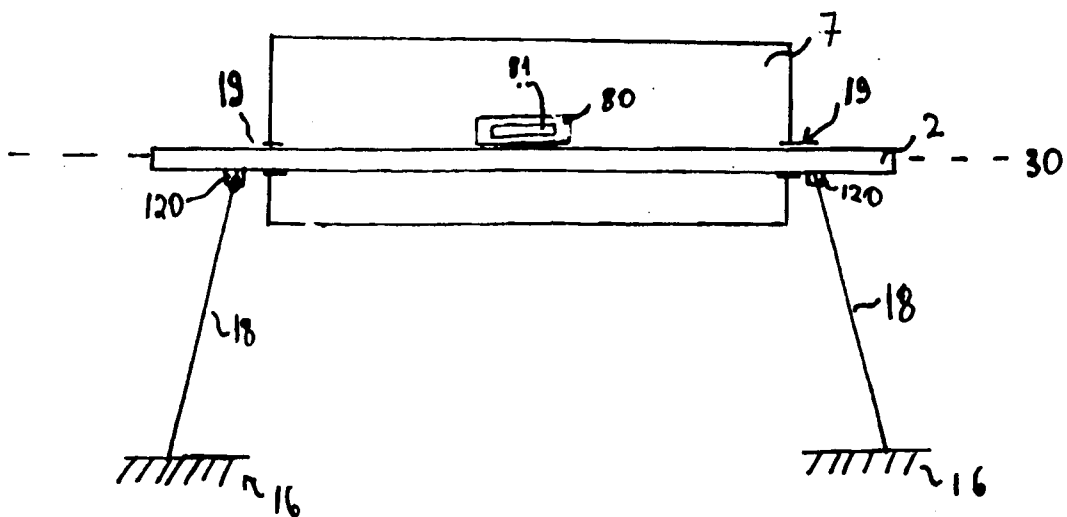
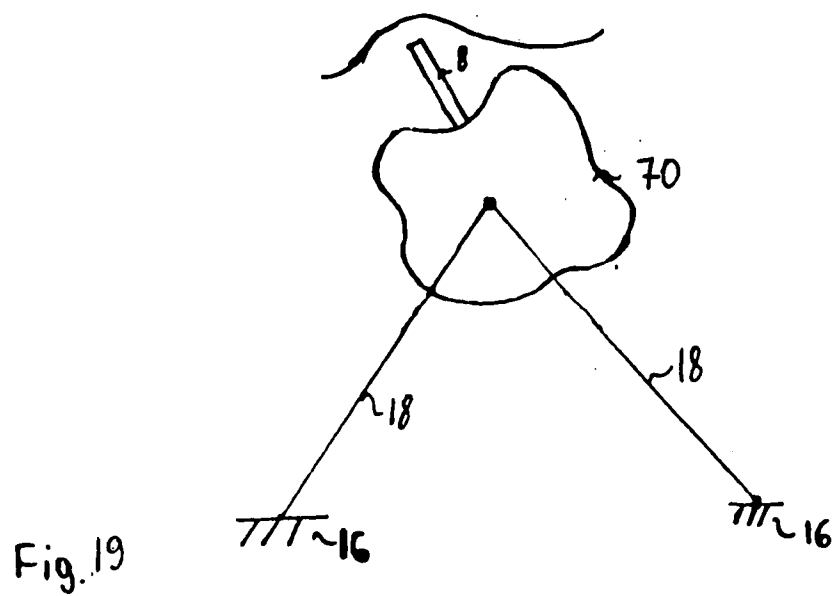
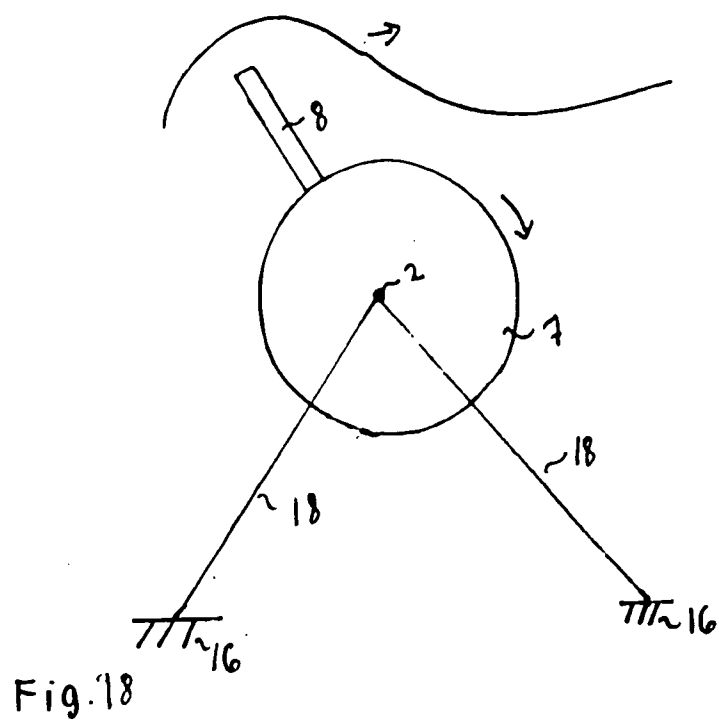


Fig. 17



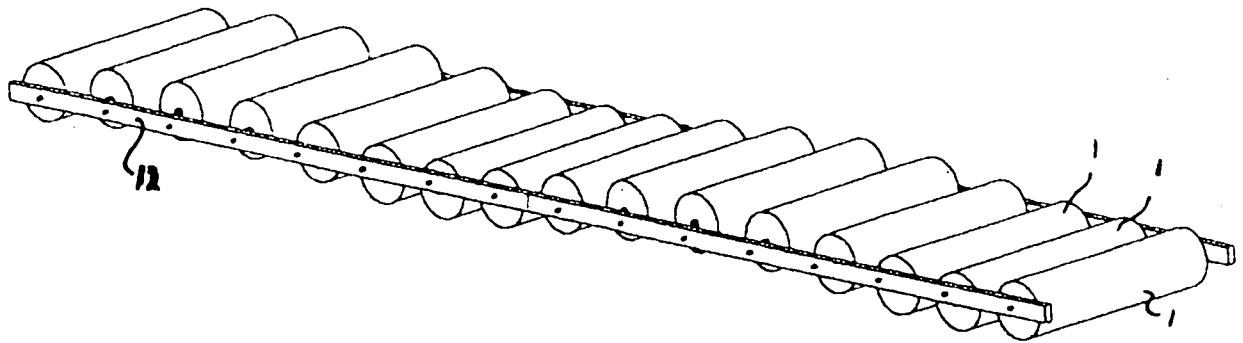


Fig. 20

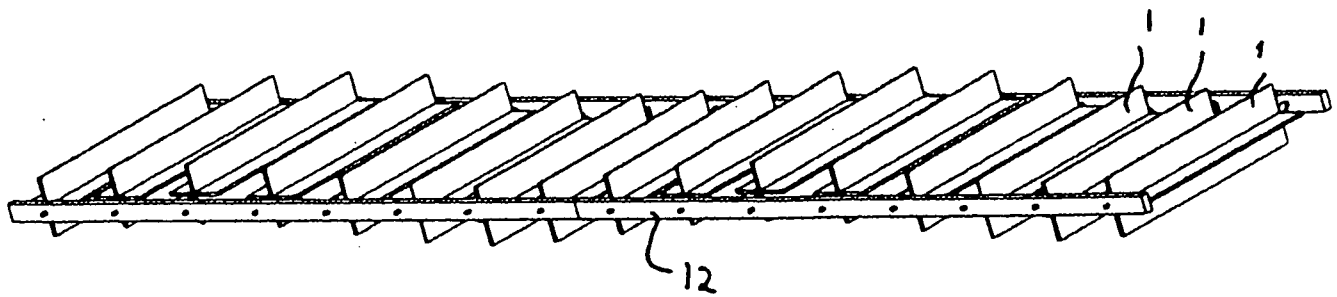


Fig. 21

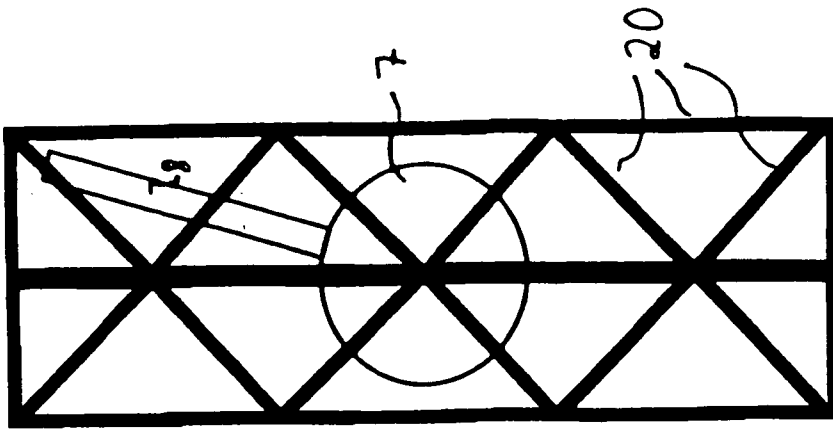


Fig. 23

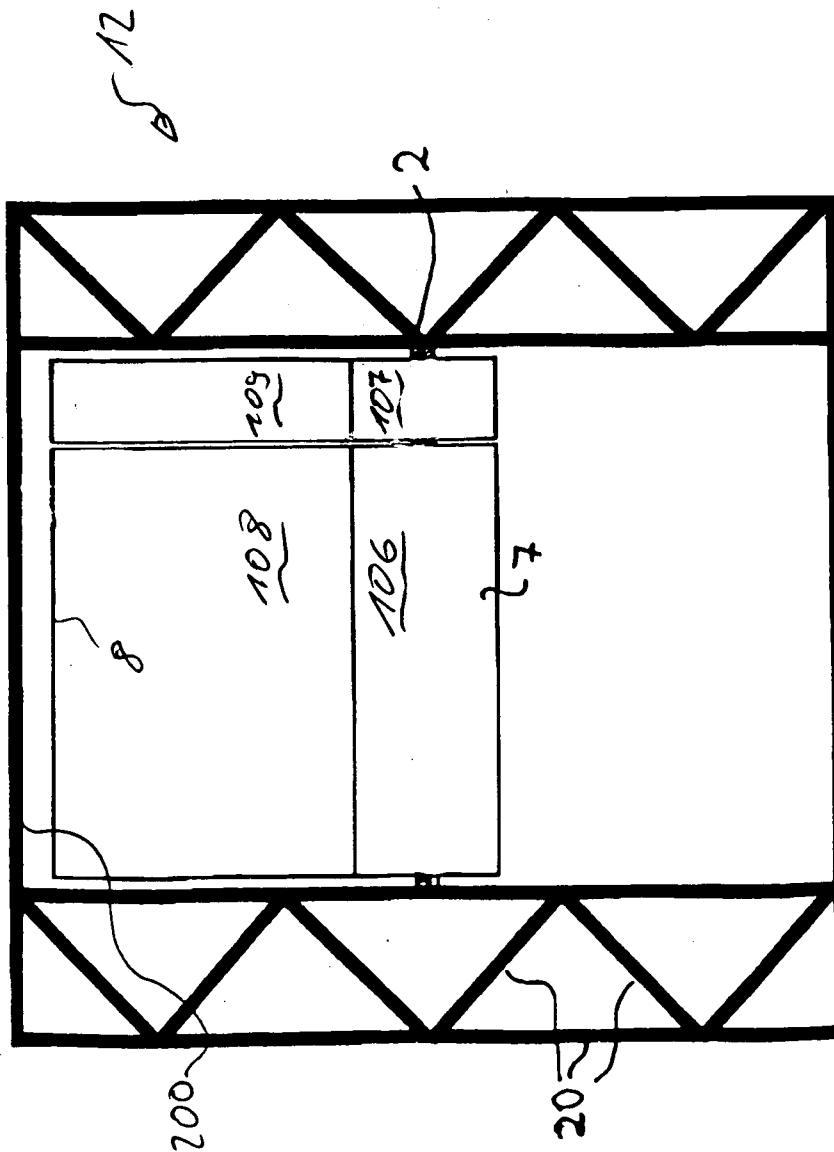


Fig. 22

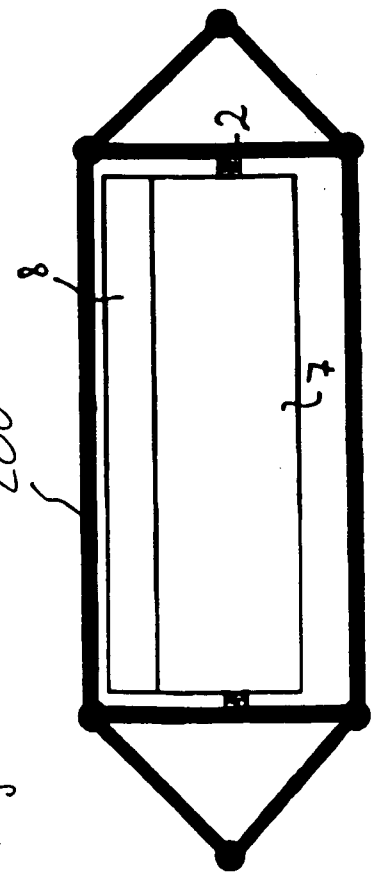


Fig. 24

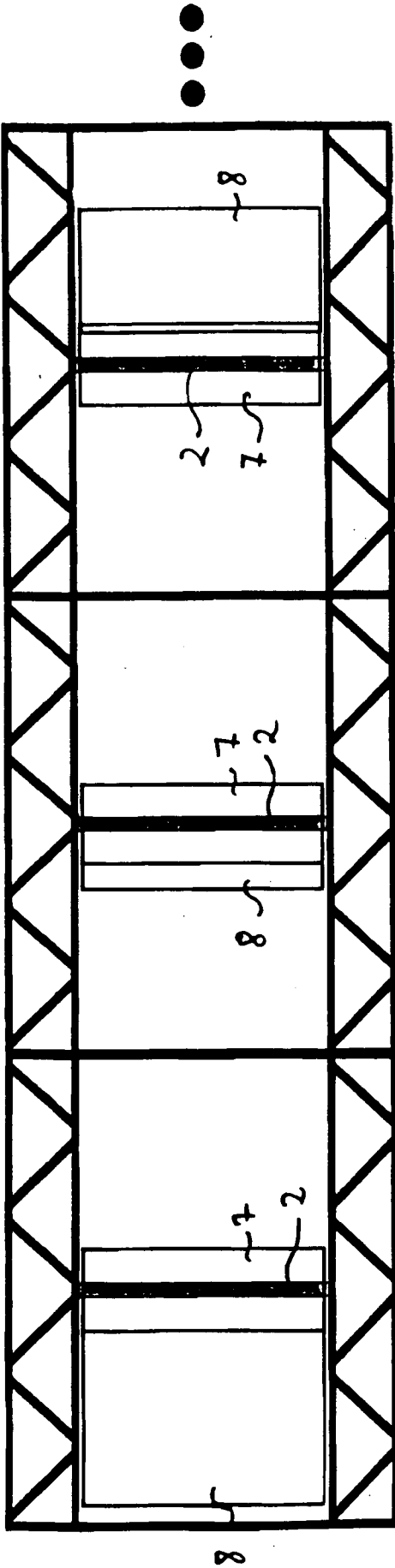


Fig. 25

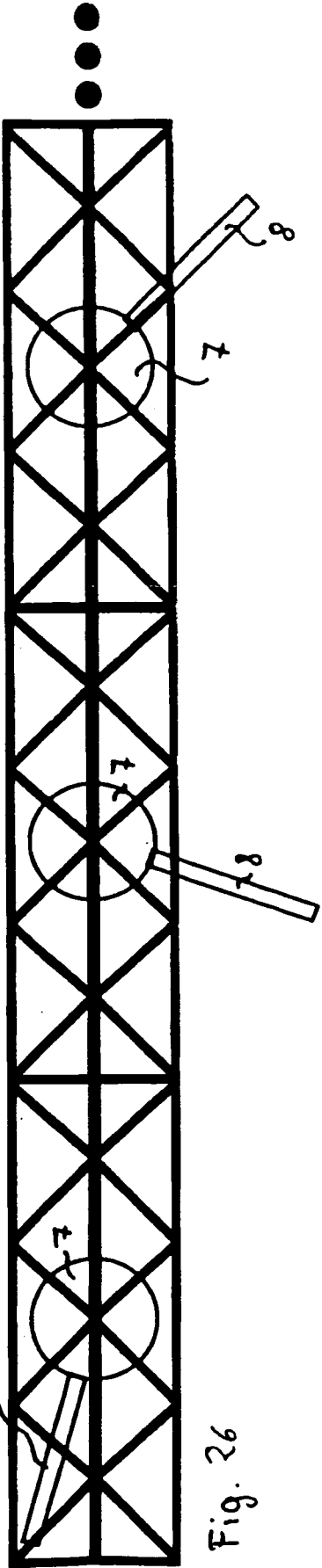


Fig. 26

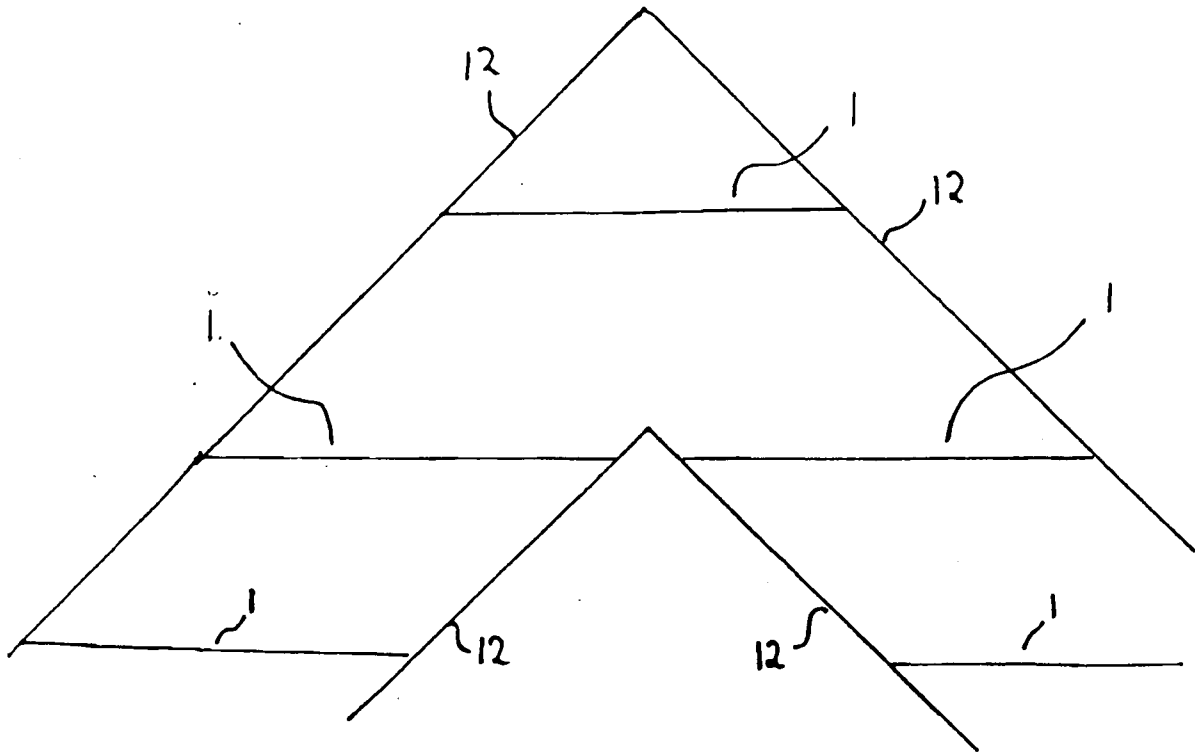


Fig.27

