

(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
7. Juli 2011 (07.07.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/079911 A2

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/007656

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Dezember 2010 (16.12.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 060 889.3
30. Dezember 2009 (30.12.2009) DE

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

(72) Erfinder; und

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

(74) Anwalt: **THÜRER, Andreas**; 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 (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, 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: WAVE POWER PLANT

(54) Bezeichnung : WELLENENERGIEANLAGE

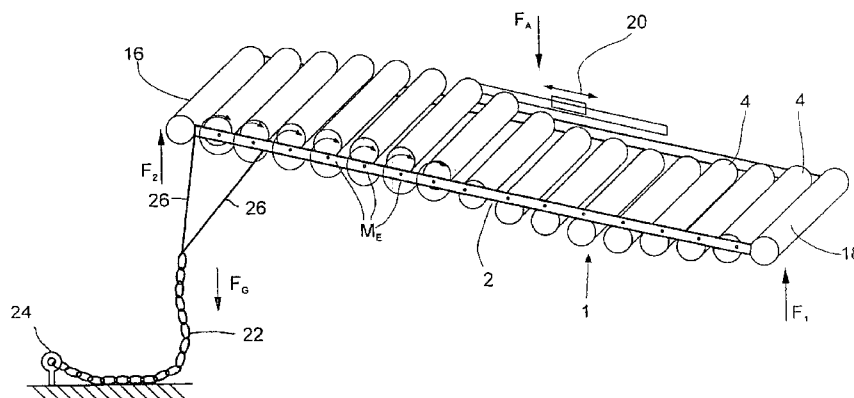


Fig. 1

(57) Abstract: Disclosed is a wave power plant comprising a platform (1) and at least one coupling member (4) that is mounted in such a way as to perform an orbital movement which has a predetermined direction of movement and from which a torque usable for energy conversion can be tapped. According to the invention, a torque compensation device is provided which is designed to essentially compensate or neutralize a reactive torque generated by tapping the usable torque.

(57) Zusammenfassung: Offenbart wird eine Wellenenergieanlage Wellenenergieanlage mit einer Plattform (1) sowie zumindest einem Kopplungskörper (4), der derart gelagert ist, dass er in eine Orbitalbewegung mit einer vorbestimmten Bewegungsrichtung versetzbar ist, aus der ein zur Energiewandlung nutzbares Drehmoment abgreifbar ist. Erfindungsgemäß ist eine Drehmoment-Kompensationseinrichtung vorgesehen, die dafür angepasst ist, um ein durch das Abgreifen des nutzbaren Drehmoments entstehendes Reaktions-Drehmoment im Wesentlichen auszugleichen oder zu neutralisieren.

WO 2011/079911 A2

5

Wellenenergieanlage

Beschreibung

10

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wellenenergieanlage zur Erzeugung von elektrischer Energie im Off-Shore-Einsatz und insbesondere eine Wellenenergieanlage mit einer Tauchplattform gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15

Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Wellenenergieanlagen bekannt, die im Wesentlichen nach ihrem Einsatzort unterschieden werden, je nach dem, ob sie auf Hoher See (Off-Shore), Küstennähe oder an der Küste installiert sind. Eine andere Unterscheidung bezieht sich darauf, in welcher Form die Energie aus der Wellenbewegung entnommen wird. Beispielsweise schwimmen Bojen auf der Wasseroberfläche, sodass durch eine Hebe- und Senkbewegung des Bojenkörpers beispielsweise ein Lineargenerator angetrieben werden kann. Bei einem anderen Anlagekonzept, 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. Schließlich stellt das Konzept des „Wave Harrows“ eine Maschine vor, mit deren Hilfe Energie aus Meereswellen gewandelt werden kann. In diesem Fall wird ein Kopplungskörper, beispielsweise ein Flügel, ein Rotor, eine Walze oder dergleichen Rotationskörper derart gelagert, dass eine Orbitalbewegung der Wassermoleküle in Folge der Meereswellenbewegung ebenfalls zu einer Orbitalbewegung des Kopplungskörpers umgesetzt wird, die dann durch einen Kurbeltrieb direkt in ein zur Energieerzeugung nutzbares Drehmoment gewandelt werden kann. Bei dem Kopplungskörper kann es sich sowohl um einen Widerstands- als auch um einen Auftriebsläufer als auch um eine Kombination dieser genannten Varianten handeln. Das abgegriffene nutzbare Drehmoment kann dann beispielsweise mit Hilfe von

20

25

30

Hydraulikkomponenten und/oder mittels eines Generators in elektrischen Strom gewandelt werden.

Eine solche Anlage ist für den Off-Shore-Einsatz geplant, da hier die Energiedichte von Wellen besonders groß ist. In diesem Einsatzbereich ist jedoch eine starre Verankerung einer Anlage am Meeresgrund aufgrund der zu erwartenden großen Wassertiefen sehr aufwändig und teuer wenn nicht sogar technisch unausführbar. Deshalb wurde im Stand der Technik ein sogenanntes selbst-referenzierendes Gehäuse- oder Rahmenkonzept vorgeschlagen, bei dem mehrere Kopplungskörper mit vorstehendem Aufbau und vorstehender Lagerung in einem gemeinsamen Gehäuse oder Gerüst angeordnet sind. Das Gehäuse oder Gerüst weist eine im Wesentlichen horizontale Längsersteckung auf, und ist unterhalb der Wasseroberfläche angeordnet. Durch Schwimmkörper in oder am Gerüst kann die Tauchtiefe variiert werden. Ein solches Gerüst wird nachfolgend als Tauchplattform bezeichnet.

Ist die Längsersteckung der Tauchplattform ausreichend groß, um eine Mehrzahl von Kopplungskörpern an dieser zu lagern, so wirken die an der Tauchplattform angreifenden Kräfte durch die Orbitalbewegung der Wassermoleküle in Folge der Meereswellenbewegung in verschiedene Richtungen und heben sich hierbei weitgehend auf. Dadurch ergibt sich eine weitgehend ruhige Lage der Tauchplattform relativ zu der Orbitalbewegung der Wassermoleküle. Damit können sich die Kurbeltriebe der Kopplungskörper an dem weitgehend ruhenden Gerüst bzw. Tauchplattform abstützen und ein Drehmoment abgeben.

In dessen weichen die erzeugten Drehmomente aller einzelnen Kopplungskörper die gleiche Orientierung auf, da alle Kopplungskörper die gleiche Umlaufrichtung haben. Die von den Kopplungskörpern an den Kurbelantrieben erzeugten Drehmomente können unabhängig von ihrem Angriffspunkt an der Tauchplattform addiert werden, wenn sie am gleichen starren Körper angreifen, wie dies bei den bekannten Wellenenergieanlagen dieser Bauform der Fall ist. Aufgrund der gleichen Orientierung aller Kopplungskörperdrehmomente ergibt sich somit nach den kinetischen Gesetzmäßigkeiten ein Kopplungskörper-Gesamtdrehmoment, welches die Gesamtlage der Tauchplattform in eine Rotation in der Rotationsrichtung der Kopplungskörper versetzen würde. Dabei sei darauf hingewiesen, dass ohne den genannten Drehmomentabgriff an den Kurbelantrieben das Gerüst natürlich nicht in eine derartige Rotationsbewegung versetzt wird. Besonders vorteilhaft erscheint deswegen eine

Dosierbarkeit des Drehmomentabgriffs, die sich an die im Weiteren beschriebenen Maßnahmen zur Kompensation des Kopplungskörper-Drehmoments anpassen kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, durch ein geeignetes Mittel die Wellenenergieanlage stabil zu halten. Ein Ziel ist es, durch dieses Mittel ein entsprechendes Gegendrehmoment zu erzeugen, welches die Wellenenergieanlage und damit insbesondere auch die Tauchplattform in Lage hält. Ein anderes Ziel ist die Schaffung eines selbstjustierenden Systems, dessen Gegendrehmoment in Abhängigkeit vom anliegenden Drehmoment variiert. Ein weiteres Ziel ist es, durch eine Kombination der genannten Mittel zu verhindern, dass ein Drehmoment in die Wellenenergieanlage induziert wird, sodass die Anlage in stabiler Lage gehalten werden kann. Erst hierdurch wäre es möglich, die durch die Kopplungskörper an den Kurbeltrieben erzeugten Drehmomente nutzbringend abzugreifen und beispielsweise in elektrische Energie zu wandeln.

Die vorstehend genannte Aufgabe sowie die definierten Ziele werden erfindungsgemäß durch eine Wellenenergieanlage mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstands sind hierbei Gegenstand der Unteransprüche.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht gemäß dem Patentanspruch 1 im Wesentlichen darin, die Wellenenergieanlage mit einer Basisplattform sowie zumindest einem Kopplungskörper auszurüsten, der drehbar, insbesondere unter Ausführung einer Orbitalbewegung mit einer vorbestimmten Bewegungsrichtung an der Plattform gelagert ist. Ferner ist eine Energiewandlereinrichtung vorgesehen, durch die ein zur Energiewandlung nutzbares Drehmoment abgreifbar, d.h. im Betriebszustand abgegriffen und an der Plattform abgestützt ist. Schließlich ist eine Drehmoment-Kompensationseinrichtung vorgesehen, mittels der ein durch das Abgreifen/Abstützen des nutzbaren Drehmoments entstehendes Reaktions-Drehmoment der Plattform ausgeglichen oder neutralisiert wird.

Der Kopplungskörper kann z.B. ein Widerstandskörper oder ein aerodynamisch wirksamer Körper wie beispielsweise ein Flügel sein.

Im Konkreteren ist die Wellenenergieanlage nach einem Aspekt der Erfindung mit einem Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus ausgestattet, welcher in Abhängigkeit

des aus den von den Kopplungskörpern erzeugten (abgegriffenen) Einzeldrehmomenten zusammengesetzten Gesamtdrehmoments (Reaktionsdrehmoments), welches nachfolgend als (theoretisch) nutzbares Drehmoment bezeichnet ist, ein solches Gegendrehmoment auf die Plattform aufbringt, das diese im Wesentlichen in einer stabilen (vorzugsweise horizontalen) Lage hält.

Vorzugsweise hat der erfindungsgemäße Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus hierfür eine Einrichtung zur (asymmetrischen) dem vorstehend genannten Gesamtdrehmoment (Reaktionsmoment) entgegenwirkenden Gewichtsverlagerung oder -verteilung längs der Plattform und/oder des Gestellrahmens, derart, dass die hierdurch einstellbare Gewichtsverteilung eine Gewichtskraft auf die Tauchplattform bzw. den Gestellrahmen anlegt, die (unter Beachtung der durch die Gewichtsverteilung sich zwangsläufig ergebenden Hebelarme bezüglich des geometrischen Mittelpunkts) dem nutzbaren Drehmoment entgegenwirkt. Dies könnte beispielsweise durch zumindest ein in Längsrichtung (senkrecht zur Lagerachse der einzelnen Kopplungskörper) verfahrbares oder asymmetrisch fixiertes Gewicht erfolgen. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann aber auch ein in der Tauchplattform bzw. in dem Gestellrahmen aufgenommenes (Trimm-) Fluid in deren Längsrichtung hin- und hergepumpt werden, um eine Gewichtsverlagerung um den geometrischen Mittelpunkt zu erreichen.

Weiter vorteilhaft ist es, den Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus alternativ oder zusätzlich zu der Gewichtsverteilungseinrichtung mit einer dezentral angeordneten (in einer Richtung senkrecht zur Rotationsachse eines Kopplungskörpers unsymmetrisch wirkenden) Auftriebseinrichtung auszustatten (wie vorstehend bereits kurz beschrieben), deren Auftriebskraft auf die Tauchplattform (d.h. an den beiden parallel zu der Rotationsachse eines Kopplungskörpers ausgerichteten Plattformendseiten) bzw. den Gestellrahmen vorzugsweise variierbar (steuerbar) ist. Insofern, stellt die Auftriebseinrichtung eine zu der Gewichtsverteilungseinrichtung zusätzlich wirkende Maßnahme dar, welche je nach deren Platzierung die Wirkung der Gewichtsverteilungseinrichtung verstärkt oder aufhebt.

Auch ist es vorteilhaft, die Tauchplattform über ein flexibles, ein spezifisches Gewicht aufweisendes Kabel, vorzugsweise eine Mooring-Kette am Meeresgrund zu fixieren (bzw. zu verankern), welche prinzipiell bei einer Aufwärtsbewegung des Anlenkpunkts zwischen der

Kette und der Plattform vom Meeresgrund allmählich angehoben wird und damit die an dem Anlenkpunkt wirkende Gewichtskraft entsprechend vergrößert. Ein sogenanntes Catenery-Mooring erfüllt diese Anforderungen beispielsweise. Eine solche Mooring-Kette wird demzufolge an einer Stelle der Tauchplattform fixiert, die im Falle einer Rotationsbewegung der Tauchplattform sich anheben würde, wodurch demzufolge die der Rotationsbewegung entgegenwirkende Gewichtskraft der Mooring-Kette (unter mit Einbeziehung des wirksamen Hebelarms) sich vergrößern würde (d.h. an einer parallel zur Rotationsachse eines Kopplungskörpers sowie entgegen der Wellenfortschrittsrichtung beabstandeten Position). Zusätzlich wird durch die Anbringung der Mooring-Kette an einem vorderen Ende der Plattform erreicht, dass diese sich entsprechend der Wellenausbreitungsrichtung so ausrichten kann, dass die Kopplungskörper im Wesentlichen rechtwinklig angeströmt werden. Darüber hinaus ist der Einsatz anderer Mooring-Systeme wie zum Beispiel von Taunt-Moorings oder ähnlich möglich.

Nach einem hierzu alternativen/ergänzenden Aspekt der Erfindung hat die Drehmoment-Kompensationseinrichtung zumindest einen drehbar an der Plattform gelagerten Gestellrahmen, an dem wiederum der zumindest eine Kopplungskörper für eine Orbitalbewegung gelagert ist und an dem der Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus angeordnet ist, der in Abhängigkeit des aktuell abgegriffenen nutzbaren Drehmoments und/oder der aktuellen Raumlage des Gestellrahmens ein solches Gegendrehmoment auf den Gestellrahmen aufbringt, welches den Gestellrahmen im Wesentlichen stabil hält, sodass die Plattform im wesentlichen Drehmoment frei bleibt. In diesem Fall wird demnach das Reaktions-Drehmoment bereits kompensiert („verbraucht“, bzw. „neutralisiert“), bevor es in die Plattform induziert wird. Damit muss die Plattform nicht notwendiger Weise mehr mit einem eigen Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus ausgestattet sein.

In anderen Worten ausgedrückt sieht der alternative/ergänzende Aspekt eine Kombination eines langen horizontal ausgerichteten Rahmens/Plattform mit mindestens einem kleinen vertikalen und selbstjustierenden Rahmen/Gestellrahmen vor. Dieser mindestens eine Gestellrahmen mit vertikaler Grundausrichtung ist drehbar am großen horizontalen Rahmen gelagert. Er hat vorzugsweise (im einfachsten Fall) an seinem oberen Ende einen Auftriebskörper und/oder an seinem unteren Ende eine Masse, wobei in dem kleinen Rahmen der/die Kopplungskörper orbitalbewegbar gehalten sind. Der

Drehmomentabgriff über ein Getriebe und/oder Generator stützt sich an diesem kleinen Rahmen ab.

Im Falle eines Drehmomentabgriffs am Kopplungskörper wird in den kleinen Rahmen ein Reaktionsmoment induziert, das zu einer Kippbewegung des kleinen Rahmens um dessen Drehachse am großen Rahmen (Plattform) führt, solange bis das durch den Auftriebskörper und/oder die Masse über den sich einstellenden Hebel erzeugte Gegenmoment ein Momentengleichgewicht herstellt. Hierbei wirkt kein Drehmoment auf die Plattform. Diese wird folglich stabil in Lage gehalten.

Schließlich sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, die Tauchplattform mit einer sogenannten „Heave-Plate“ oder Dämpferplatte zu koppeln. In diesem Fall macht man sich den Umstand zunutze, dass die Wassermoleküle in großer Wassertiefe eine kleinere oder keine Orbitalbewegung ausführen als Wassermoleküle nahe der Wasseroberfläche. Wird demzufolge eine in größerer Wassertiefe sich befindende Dämpferplatte über ein vorzugsweise starres Koppellement mit der nahe der Wasseroberfläche sich befindende Tauchplattform gekoppelt bewirkt diese eine Stabilisierung der Tauchplattform. Die Tauchplattform kann somit deutlich kürzer bauen, ohne durch die Wellenbewegung übergebühlich in Schaukelbewegungen versetzt zu werden. Dies ist insbesondere in Bezug auf Kostenaspekte vorteilhaft.

Die Erfindung wird nachstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Wellenenergieanlage mit einer Tauchplattform gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 zeigt die Wellenenergieanlage gemäß der Fig.1 mit zur Fig. 1 alternativ ausgebildeten Kopplungskörpern;

Fig. 3 zeigt einen Kopplungskörper, wie er der Wellenenergieanlage gemäß Fig. 1 verwendet wird;

Fig. 4 zeigt einen Kopplungskörper, wie er in der Wellenenergieanlage gemäß Fig. 2 verwendet wird;

5 Fig. 5 zeigt eine Wellenenergieanlage (in Seitendarstellung) mit einer selbst justierenden Tauchplattform gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in installiertem (Grund-) Zustand;

10 Fig. 6 zeigt die Wellenenergieanlage von Fig. 5 in Vorderansicht mit einem eine Art „Winglets“ aufweisenden Kopplungskörper zur Verringerung induzierter Widerstände (bzw. Wirbelschleppen) und zur Erreichung einer Selbstausrichtung der Anlage;

Fig. 7 zeigt eine Prinzipdarstellung der Tauchplattform gemäß Fig. 5 mit eingezeichneten Momenten und Kräften für einen angenommenen Betriebszustand;

15 Fig. 8 zeigt eine Prinzipdarstellung einer beispielsweise horizontal ausgerichteten Tauchplattform mit angekoppelter „Heave-Plate“;

20 Fig. 9 zeigt eine Prinzipdarstellung der Tauchplattform gemäß Fig. 5 mit angekoppelter „Heave Plate“;

Fig. 10 eine Wellenenergieanlage gemäß einem noch weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung in welcher die Funktionsprinzipien der Wellenenergieanlagen gemäß der Fig. 1 und 5 kombiniert sind und

25 Fig. 11 und 12 zeigen konstruktive Abwandlungen der Wellenenergieanlage gemäß der Fig. 10 evtl. auch in Kombination mit Fig. 8

30 Gemäß der Fig. 1 oder 2 hat die Wellenenergieanlage des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung eine Tauchplattform 1, die vorliegend aus zwei parallel beabstandeten, längs sich erstreckenden Schienen oder Trägern 2 (auch trägerförmige Gitterrahmen) besteht, die zumindest an ihren jeweiligen Enden (oder auch an Mittenabschnitten) durch nicht weiter dargestellter Querbalken/Streben zu einem Gerüst (Gitterrahmen) verbunden sind. Zwischen den Schienen 2 sind im Parallelabstand zueinander weitgehend über die gesamte Schienenlänge (vorzugsweise gleichmäßig be-

abstandete) Kopplungskörper 4 gelagert, wie sie gemäß der Fig. 3 anhand eines beispielhaft dargestellten Kopplungskörpers ausgebildet sind.

Gemäß dieser Fig. 3 besteht demzufolge jeder Kopplungskörper 4 aus einer Rolle oder
5 Walze, die sich im Wesentlichen über den gesamten Parallelabstand zwischen den beiden Schienen 2 erstreckt und die mittig eine Lagerachse 6 aufweist. Die Lagerachse 6 ist an zwei Hebelarmen 8 gelagert bzw. montiert, welche an den jeweiligen Stirnseiten der Walze 4 angeordnet sind. An einem der Lagerachse 6 der Walze 4 gegenüberliegenden Enden des Hebels 8 ist eine Montageachse 10 fixiert, die jeweils in einer Lagerbuchse der Schiene 2
10 drehbar eingesetzt ist. Auf diese Weise kann jeder Kopplungskörper bzw. jede Walze 4 gemäß vorstehendem Aufbau zumindest eine Orbitalbewegung um die Montageachse 10 ausführen und somit den aus Hebel 8 und Montageachse 10 bestehenden Kurbelantrieb für einen Drehmomentabgriff antreiben. Die Länge des Hebelarms kann verstellbar sein, um die Wellenenergieanlage optimal auf verschiedene Wellenhöhen einstellen zu können. Die
15 Kopplungskörper haben vorzugsweise einen neutralen oder nahezu neutralen Auftrieb.

Alternativ zu der vorstehend beschriebenen Kopplungskörperkonstruktion kann der Kopplungskörper 4 z.B. auch in Form einer Kreuzgeometrie gemäß der Fig. 4 ausgebildet sein. In diesem Fall besteht die (achssymmetrische) Kreuzgeometrie eines Kopp-
20 lungskörpers 4 aus vier über den Parallelabstand der beiden Schienen 2 sich erstreckenden Flügelblättern 12, die an ihren jeweils einen Längsseiten an einer Narbe im jeweils 90 ° - Winkelabstand fixiert sind. Die Narbe (entspricht der Lagerachse 6 der vorstehend beschriebenen Walze) ist ebenfalls an einem Ende des Hebels 8 gelagert, an dessen anderem Ende die Montageachse 10 zur orbitalbewegbaren Lagerung des propellerförmigen
25 Kopplungskörpers 4 an den Lageraugen der Schienen 2 angeordnet ist. Zusätzlich kann gemäß der Fig. 4 an jedem Hebel 8 eine Längenverstelleinheit 14 vorgesehen sein, mittels der die Kreisbahn der Kopplungskörper veränderbar ist.

Wie aus den Figuren 1 und 2 ferner zu entnehmen ist, sind zumindest an den jeweils
30 längs beabstandeten Endabschnitten der Tauchplattform 1 (in senkrecht zur Montageachse 10 gerichtetem Abstand) Auftriebskörper beispielsweise in Form von Ballasttanks 16, 18 oder dergleichen Luft befüllbaren Behältnissen angeordnet, wobei zumindest ein Auftriebskörper an dem dem Mooring gegenüberliegenden Längsende der Tauchplattform für die Funktion der Anlage gegebenenfalls ausreichend sein kann. Außerdem können die

Auftriebskörper so angeordnet sein, dass keine Abschattungseffekte entstehen.

Beispielsweise können demnach zwei oder mehrere Auftriebskörper seitlich an der Plattform fixiert werden. Alternativ kann aber auch eine Vielzahl von Ballasttanks längs der Tauchplattform angeordnet sein. Beide, im vorliegenden Ausführungsbeispiel angeordneten Ballasttanks oder Ballons 16, 18 sind vorzugsweise mit einer nicht weiter dargestellten Luftkompressoreinrichtung fluidverbunden, über die die Ballasttanks 16, 18 weiter vorzugsweise individuell mit Pressluft (unter entsprechender Verdrängung von Wasser) befüllbar sind, um hierdurch unterschiedliche (variierbare) Auftriebskräfte an den Längsenden der Tauchplattform 1 wahlweise zu erzeugen. Neben Ballasttanks sind auch volumenveränderbare Kissen denkbar, die mit Pressluft befüllbar sind. Vorteil gegenüber starren Tanks: die Luft oder ein anderes Fluid kann hin und her gepumpt werden.

Des Weiteren ist die Tauchplattform 1 alternativ oder zusätzlich mit einer Gewichtsverlagerungseinrichtung in Längsrichtung der Plattform 1 ausgerüstet. Diese kann gemäß der Fig. 1 aus einem längs der Schienen 2 verfahrbaren Ausgleichsgewicht 20 bestehen, das vorzugsweise unterhalb mittig zwischen den beiden Schienen 2 oder an jede Schiene 2 angeordnet ist und beispielsweise mittels einer längs der Schienen 2 sich erstreckenden drehbaren Spindel oder über einen Zylinder oder einen eigenen Antrieb hin- und her bewegbar ist. Das verfahrbare Ausgleichsgewicht kann aber auch durch ein (Trimm-) Fluid dargestellt sein, das in der Tauchplattform gebunkert ist und beispielsweise mittels einer Fluidpumpe längs der Tauchplattform hin- und hergepumpt wird.

Schließlich ist die erfindungsgemäße Tauchplattform 1 über mindestens ein flexibles Kabel am Boden (Meeresgrund) fixiert bzw. verankert. Das flexible Kabel besteht vorliegend aus einer Mooring-Kette 22 mit einer vorbestimmten Überlänge, die an einer Halteeinrichtung 24 (beispielsweise ein Betonblock oder ein Anker) am Boden fixiert ist. Das freie Ende der Mooring-Kette 22 ist über Kabelstücke oder Taue 26 an einem Längsende der Tauchplattform 1 (vorzugsweise gegenüberliegend zu dem zumindest einen Auftriebskörper) fixiert. Alternativ kann die Mooring-Kette auch direkt an der Tauchplattform befestigt sein. Darüber hinaus sind andere Mooring-Varianten wie zum Beispiel ein Taunt-Mooring möglich.

Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Wellenenergieanlage wird nachfolgend beschrieben:

Durch die Mehrzahl von Kopplungskörpern 4 (mindestens ein Kopplungskörper ist für die Funktionsfähigkeit der Anlage bereits ausreichend) wird bei der dargestellten Wellenenergieanlage jeweils ein Drehmoment M_e vorliegend im Uhrzeigersinn in die Tauchplattform 1 eingeleitet, wobei in diesem Fall die Anlage gemäß der Fig. 1 und 2 von links nach rechts überströmt wird, die Wellenausbreitungsrichtung also im Wesentlichen in Richtung der Längserstreckung der Anlage orientiert ist. Die Gewichtskraft F_g der Mooring-Kette 22 führt dabei zusammen mit den unsymmetrisch befüllten Auftriebskörpern/Ballasttanks 16, 18 zu einem Drehmoment, das entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn gerichtet ist. D.h. die Auftriebskörper/Ballasttanks 16, 18 sind derart mit Luft gefüllt, dass die Tauchplattform aus der Horizontalen hin zu einer vertikale Ausrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn verschwenken würde, wenn kein Drehmoment von den Kopplungskörpern abgegriffen würde.

Dieses Drehmoment (entgegen dem Uhrzeigersinn) kann über das ungleichmäßige (Luft-) Befüllen der Auftriebskörper/Ballasttanks 16 und 18 so eingestellt werden, dass die Gesamtsumme der Drehmomente Null ergibt. In diesem Fall bleibt die gesamte Anlage stabil, vorzugsweise in horizontaler Ausrichtung, wie dies in den Fig. 1 und 2 dargestellt wird. Durch ein Anpassen der Auftriebs-(un-)symmetrie kann demzufolge das eingeprägte Drehmoment an verschiedene Betriebszustände angepasst werden, die sich aus unterschiedlichen Wellenhöhen und/oder Tauchtiefen und/oder abgegriffenen Drehmomenten ergeben können.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Gewichtskraft F_g der Mooring-Kette 22 sich in Abhängigkeit von deren an der Tauchplattform 1 hängenden Kettenlänge verändert. Das heißt, dass die Mooring-Kette 22 eine einer Schwimmbewegung der Tauchplattform 1 dynamisch entgegenwirkende Kraft F_g selbstständig aufbringt, wodurch die Plattform 1 in horizontaler Ausrichtung gehalten wird. Auch ist es möglich, derartigen rotorischen Schwimmbewegungen der Tauchplattform 1 durch dynamisches Befüllen und Entleeren der einzelnen Auftriebskörper 16, 18 entgegen zu wirken.

Zusätzlich oder alternativ zu den Auftriebskörpern 16, 18 kann ein der Summe der einzelnen Drehmomente M_e entgegenwirkendes Gegendrehmoment auch durch eine (fixe) unsymmetrische Gewichtsverteilung bezüglich des geometrischen Mittelpunkts der Wellenenergieanlage erreicht werden und zwar mit einem hohen Anlagengewicht auf der der

einlaufenden Welle zugewandten Seite der Tauchplattform 1 (jener Längsseite der Tauchplattform 1, an welcher auch die Mooring-Kette 22 fixiert ist) und einem geringem Anlagengewicht auf der der einlaufenden Welle abgewandten Seite der Tauchplattform 1. Grundsätzlich ist das Anlagengewicht jedoch nicht an unterschiedliche Betriebszustände
5 anpassbar, es sei denn, das Anlagegewicht wird durch das längs der Schienen 2 verschiebbare Ausgleichsgewicht 20 und/oder das umpumpbare (Trimm-) Fluid hinsichtlich der Schwerpunktlage verändert.

Abschließend zu der vorstehenden Beschreibung des ersten Ausführungsbeispiels der
10 Erfindung sei darauf hingewiesen, dass die vier vorstehend genannten Maßnahmen, nämlich

- Schwerpunkverlagerung des Anlagegewichts durch dynamische Verlängerung des an der Plattform hängenden Mooring-Kettenteils 22,

- 15 - Schwerpunkverlagerung der Wellenenergieanlage durch Längsverschieben des Ausgleichsgewichts 20 und/oder durch Umpumpen von (Trimm-) Fluid längs der Tauchplattform,

- 20 - unsymmetrischer Auftrieb durch individuelles (Gas-) Befüllen von zumindest an einem der längsbeabstandeten Enden der Tauchplattform 1 fixierten Auftriebskörpern/ Ballasttanks 16, 18 und

- eingeprägte (statische) unsymmetrische Gewichtsverteilung der Wellenenergieanlage in Längsrichtung der Tauchplattform 1,

25
einzeln oder in beliebiger Kombination miteinander in der Wellenenergieanlage gemäß der Erfindung verwirklicht sein können, um diese entsprechend ihres vorbestimmten Einsatzes in Lage halten zu können. Auch sind die in den Figuren 3 und 4 detaillierter dargestellte Kopplungskörper nicht auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt,
30 sondern können auch andere Konstruktionen für einen Widerstandsläufer und/oder Auftriebsläufer (oder eine Kombination aus diesen) annehmen, welche eine gemeinsame Rotationsrichtung sowie ein in gleiche Richtung ausgerichtetes Drehmoment erzeugen.

In den Fig. 5 bis 7 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt.

Auch in diesem Fall besteht die Wellenenergieanlage aus einer Tauchplattform 1 mit zwei längsbeabstandeten parallel zueinander verlaufenden Schienen 2 (oder Gitterrahmenkonstruktionen), die an zumindest einem (axialen) Endabschnitt durch einen

5 Querträger zu einem Gerüst (Gitterrahmen) miteinander mechanisch verbunden sind und an deren vorzugsweise gegenüberliegendem Endabschnitt zumindest ein, vorliegend zwei Auftriebskörper in Form von Ballasttanks oder volumenveränderlichen Kissen angeordnet sind.

10 Zwischen den Schienen 2 ist zumindest ein Kopplungskörper 4 orbitaldrehbar angeordnet, dessen konstruktiver Aufbau den bezüglich des ersten Ausführungsbeispiels beschriebenen Kopplungskörpern entspricht. An dieser Stelle sei ferner darauf hingewiesen, dass auch mehrere Kopplungskörper 4 im Parallelabstand zueinander zwischen den zwei Schienen 2 angeordnet sein können.

15 Alternativ zu zwei Schienen mit dazwischen angeordnetem Kopplungskörper kann auch eine Schiene als Mittelrippe mit beidseitig angeordneten Kopplungskörpern vorgesehen sein.

20 Der (jeder) Kopplungskörper 4 kann an seinen Endseiten (Stirnseiten) zusätzlich ein Strömungsleitelement (eine Art Winglet) 28 vorzugsweise in Form einer elliptische Scheibe (muss nicht zwingend kreisrund sein) aufweisen, die im Wesentlichen senkrecht zur Kopplungskörperlängsachse (Lagerachse 6) ausgerichtet ist. Diese Kreisscheiben haben die Aufgabe, ein „Ableiten“ der Wasserströmung über die Stirnseiten der Kopplungskörper zu vermeiden und damit den induzierten Widerstand (Wirbelschleppe) auf die Kopplungskörper zu verringern. Damit kann der Wirkungsgrad der Wellenenergieanlage erhöht werden. An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, dass diese Strömungsleitelemente 28 auch bei

25 Kopplungskörpern des ersten Ausführungsbeispiels und überhaupt bei jeder Kopplungskörperform anwendbar sind.

30 Der (die) Kopplungskörper 4 ist (sind) über Hebel an den Schienen 2 angelenkt, um eine Orbitalbewegung um die Anlenkpunkte ausführen zu können. Alternativ können sie jedoch außermittig an den Kreisscheiben befestigt sein (beispielsweise verschweißt), so

dass sich bei mittiger Lagerung der Kreisscheiben ein entsprechender Hebelarm und eine Orbitalbeweglichkeit ergeben.

Schließlich ist an einem axialen Endabschnitt der Schienen 2, vorzugsweise jenem
5 Endabschnitt, an welchem der Querträger (Querstrebe) zwischen den Schienen 2 eingebaut ist, eine Mooringkette 22 eingehängt, die über zwei Taue oder Kabel 26 an den beiden Enden der zwei Schienen 2 oder am Querträger befestigt und am Grund verankert ist.

Im Nachfolgenden wird die Wirkungsweise der Wellenenergieanlage gemäß dem
10 zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben:

In der erfindungsgemäßen Ausgestaltungsform ist der Rahmen der Wellenenergieanlage in einem Zustand ohne Wellenbewegung weitestgehend senkrecht nahe unterhalb der Wasseroberfläche angeordnet. Wie in der Fig. 5 dargestellt wird, ist der mindestens eine
15 Schwimm- oder Auftriebskörper/Ballasttank 18 an dem nunmehr oberen Längsende der Tauchplattform 1 angeordnet, wohingegen das in dieser Lage untere Längsende der Tauchplattform 1 durch das Mooring 22, beispielsweise ein Catenary-Mooring, Taunt-Mooring oder Tention-Leg-Mooring am Meeresgrund befestigt ist. Der zumindest eine Kopplungskörper 4 ist vorliegend in etwa auf halber Höhe zwischen den Schienen 2
20 angebracht, jedoch ist auch eine Anordnung an anderer Position denkbar. Die Komponenten der Wellenenergieanlage haben insgesamt einen neutralen Auftrieb, d.h. der/die Auftriebskörper/Ballasttanks 18 gleichen die Gewichtskraft der Plattform 1, der Kopplungskörper 4 sowie des Moorings 22 aus und halten die Anlage in einer vorbestimmten Wassertiefe. Der Kopplungskörper hat für sich genommen bereits einen weitgehend
25 neutralen Auftrieb.

Werden nun durch eine Wellenbewegung der/die Kopplungskörper 4 in eine Orbitalbewegung versetzt, so wird bei einem Drehmomentabgriff an den Kurbeltrieben das entsprechende Gesamtdrehmoment in den Rahmen übertragen. Dies führt zwangsläufig zu
30 einer Verkipfungstendenz des Rahmens 1 (in Drehrichtung der Kopplungskörper), wie dies auch beim ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben wurde. Bei einer gemäß der Fig. 5 von links nach rechts fortschreitenden Welle, kippt die Plattform 1 von links nach rechts. Die durch das Mooring 22 und die Auftriebskörper/ Ballasttanks 18 auf den Rahmen 1 wirkenden Kräfte bewirken jedoch ein dem durch die Wellenbewegung induzierten

Drehmoment entgegen gerichtetes Drehmoment, das vom Grad der Verkipfung abhängig ist (siehe insbesondere Fig. 7). Mit zunehmender Verkipfung steigt dieses Drehmoment an, sodass bei einer Verkipfung um 90° (Plattform 1 ist jetzt horizontal ausgerichtet) das Gegendrehmoment-Maximum erreicht wird.

5

Wird der/die Auftriebskörper/Ballasttanks 18 derart ausgelegt, dass bei einer Verkipfung von kleiner-gleich 90° das maximal auftretende Anlagendrehmoment erreicht wird, so wird die Anlage in Abhängigkeit vom abgegriffenen Drehmoment immer zwischen einem Winkel von 0° bis 90° hin und her pendeln. Die Größe von überlagerten Schwingungen des Gesamtsystems aufgrund der auch am Rahmen angreifenden Orbitalbewegung der Wassermoleküle wird dabei als relativ klein abgeschätzt und hat daher voraussichtlich keinen nennenswerten Einfluss auf die Ausgleichsbewegungen des Rahmens 1.

10

Als eine alternative Ausgestaltung zum vorstehend beschriebenen zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das Mooring 22 ebenfalls am oberen Plattformende oder einem Mittenabschnitt befestigt (zusammen mit den Auftriebskörpern/Ballasttanks 18), wohingegen am unteren Längsende ein zusätzliches Gewicht (nicht gezeigt) angebracht ist, das bei einer Auslenkung zu einem Gegendrehmoment führt. Alternativ oder zusätzlich kann auch das untere Längsende mit einer größeren Dichte ausgeführt sein. Für diese Fälle ist eine Änderung der Gewichtskraft des Moorings nicht entscheidend. Das Drehmoment ändert sich auch bei konstanter Mooringkraft durch Auslenkung des Gewichts und/oder des Auftriebskörpers.

20

Besonders vorteilhaft funktioniert das vorgeschlagene Drehmomentausgleichskonzept, wenn das an der Anlage abgegriffene Drehmoment konstant ist. Dann wird sich die Anlage im Wesentlichen mit einem konstanten Winkel bezüglich der Vertikalen einstellen. Über die Anpassung der Auftriebskörper/Ballasttanks 18 ist für einen derart quasistationären Fall auch ein optimaler Betriebspunkt leicht einstellbar. Aber auch bei nichtkonstantem Drehmoment werden sich keine sprunghaftigen Winkeländerungen ergeben, sodass im Fall einer Annäherung an die 90°-Grenze bezüglich der Vertikalen eine Anpassung des Auftriebskörpers/Ballasttanks 18 gut zu erreichen ist, um ein Überschwingen des Rahmens 1 zu vermeiden.

25

30

Ein wesentlicher Vorteil der sich in vorstehend beschriebener Weise selbst regelnden Anlage besteht darin, dass bei hohen Wellen mit potentiell großen Drehmomenten und einer dementsprechend starken seitlichen Auslenkung der Anlage sich aufgrund der Anlagenverkippung automatisch eine größere Tauchtiefe des Kopplungskörpers 4 mit
5 entsprechend kleineren Orbitalgeschwindigkeiten und damit geringerem Energieeintrag einstellt. Dieses Verhalten bietet daher einen gewissen Überlastungsschutz.

Des Weiteren ist ein wichtiger Punkt für die Funktionalität der vorgeschlagenen Konzepte eine Selbstausrichtung des Rahmens 1 relativ zur Anströmung, so dass der/ die
10 Kopplungskörper 4 im Wesentlichen immer quer zu deren Lagerachse 6 angeströmt werden. Eine derartige Selbstausrichtung kann beispielsweise durch zusätzliche Elemente verbessert werden, deren Strömungswiderstand stark richtungsabhängig ist und welche derart in der Anlage angeordnet sind, dass sich der kleinste Widerstand bei quer angeströmtem
15 Kopplungskörper 4 ergibt. Beispielsweise könnte es sich hierbei um die vorstehend beschriebenen beidseitigen Stirnplatten/-scheiben am Kopplungskörper 4 handeln, die axial deutlich über den Kopplungsträger 4 hinaus stehen können und so dimensioniert sind, dass sie diese zusätzliche Funktion übernehmen können. Zusätzlich können zwischen diesen beiden Stirnscheiben noch weitere Scheiben mit gleicher räumlicher Orientierung an den
20 Kopplungskörpern angebracht sein. Dies führt zu einer deutlich verstärkten Selbstausrichtung und zusätzlich zu einer höheren Steifigkeit des Kopplungskörpersystems.

Durch die Ausbildung der Wellenenergieanlage gemäß dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung lässt sich ein bezüglich der Gegendrehmomentenerzeugung selbst justierendes System bereitstellen, das passiv ohne eingreifende Regelung auskommt.
25 Dadurch wird ein besonders robustes, unanfälliges System erreicht, das insbesondere auch relativ klein ausgelegt werden kann. Idealerweise kann das System mit nur einem Kopplungselement auskommen, wobei hier z.B. sowohl Widerstandsläufer wie auch Auftriebsläufer als auch eine Kombination beider möglich ist.

30 Schließlich sei noch auf das besondere Konstruktionsprinzip für eine Wellenenergieanlage mit Tauchplattform 1 gemäß der Fig. 8 und 9 hingewiesen.

Grundsätzlich kann die Tauchplattform oder der Rahmen 1 insbesondere gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Längserstreckung von bis zu

mehreren 100 m haben. Vorteilhaft hierbei ist es, die Länge der Tauchplattform 1 auf die zu erwartende Wellenlängen so abzustimmen, dass sie sich vorzugsweise über mindestens zwei Wellenlängen erstreckt. Dadurch kann erreicht werden, dass sich die darauf unmittelbar einwirkenden Kräfte ausgleichen und daher die Tauchplattform 1 relativ ruhig im Wasser
5 liegt. Das Problem hierbei ist jedoch die innere Stabilität der Plattform 1, die auch extremen Wettereinflüssen wie Stürme standhalten muss. Große Plattformlängen führen damit zu sehr hohen Strukturkosten, weswegen erfindungsgemäß auch Plattformen mit Längen $\ll$ (viel kleiner als) zwei Wellenlängen als vorteilhaft betrachtet werden.

10 An dieser Stelle sei ferner darauf hingewiesen, dass sich Wassermoleküle nahe der Wasseroberfläche heftiger bewegen als in größeren Wassertiefen. Diesen Sachverhalt macht sich die Erfindung nunmehr in zweierlei Hinsicht zunutze:

Zum Einen wird die erfindungsgemäße Tauchplattform 1 in Wassertiefen nahe der
15 Wasseroberfläche gehalten, um auf die Kopplungskörper 4 möglichst hohe äußere Kräfte aufzubringen und damit die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu steigern. Bei Stürmen oder anderen Ereignissen, die zu einer Überlast führen könnten, kann erfindungsgemäß jedoch auch ein Abtauchen der Tauchplattform 1 in größere Wassertiefen mit geringerer Fluidbewegung vorgesehen sein. Zum Anderen kommt zur Stabilisierung der Plattform 1
20 eine sogenannte Dämpfungsplatte 32 zum Einsatz, welche in größeren Wassertiefen angeordnet und über eine Kopplungseinrichtung 30 mit der Tauchplattform 1 verbunden ist.

Eine Dämpfungsplatte 32 ist eine flächige Struktur, die einen möglichst hohen Strömungswiderstand aufweist. Diese kann auch mit durchbrochener Oberfläche (gelocht,
25 perforiert, gegittert, etc.) ausgestattet sein. Diese Dämpferplatte 32 wird horizontal (s. Fig. 8) und/oder vertikal (s. Fig. 9) im Wasser ausgerichtet und bildet somit eine Kraftangriffsfläche für das Wasser. Die Kopplungseinrichtung 30 ist vorzugsweise starr und wird beispielsweise durch senkrecht zur Plattform 1 sich erstreckende Säulen gebildet, die an der Tauchplattform 1 und an der Dämpferplatte 32 endseitig fixiert sind, um Zug- und Druckkräfte übertragen zu
30 können. Die so mit der Tauchplattform 1 verbundene Dämpferplatte 32, welche sich in größerer Wassertiefe aufhält, wirkt somit einer Bewegung der Tauchplattform 1 dämpfend entgegen und hält diese in Position. Die Tauchplattform 1 kann somit in ihrer Länge reduziert werden, was zu entsprechenden Kosteneinsparungen an der Tauchplattform führt. Im Extremfall kann ein einzelner Kopplungskörper mit einer derartigen Dämpferplatte kombiniert

werden, die Abmessungen der Dämpferplatte und der Tauchplattform müssen nicht wie dargestellt übereinstimmen. Zudem können auch mehrere separate Dämpfungsplatten eingesetzt werden, die jeweils mit der Tauchplattform verbunden sind. Darüber hinaus ist abweichend von der Darstellung auch eine andere Ausrichtung der Dämpfungsplatte möglich, z.B. weitgehend senkrecht oder eine Kombination von unterschiedlich ausgerichteten Dämpfungsplatten um Kräfte/Momente in verschiedene Richtung abstützen zu können.

Die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele betreffen prinzipiell Anlagen, bei denen einem, bei der Energieumwandlung von den Kopplungskörpern 4 in die Plattform 1 induzierten (Reaktions-) Drehmoment durch ausgewählte Gewichts- und/oder Auftriebsverteilung längs der Plattform 1 ein Kompensations- oder Gegendrehmoment gegenübergestellt wird, um die Plattform 1 in einer bestimmten Raumlage bezüglich des Schwerkraftvektors zu halten und auszubalancieren. Demnach liegt allen bisherigen Ausführungsbeispielen das Grundprinzip zu Grunde, an der Plattform 1 ein Drehmomentgleichgewicht zu erzeugen.

Indessen besteht prinzipiell jedoch auch die Möglichkeit, das Induzieren eines Drehmoments infolge der Energieumwandlung an dem zumindest einen Kopplungskörper 4 im Voraus zu vermeiden, d. h., das resultierende Reaktionsmoment zu „verbrauchen“ (zu kompensieren), bevor es in die Plattform 1 induziert wird. Erreicht wird dies, indem die vorstehend beschriebene erste Ausführungsform der Erfindung gemäß der Fig. 1 mit der weiteren Ausführungsform gemäß der Fig. 5 kombiniert wird, wobei natürlich alle weiteren konstruktiven Zusatzmaßnahmen gemäß der übrigen Ausführungsbeispiele optional ebenfalls angewendet werden können.

In anderen Worten ausgedrückt, ist es gemäß der Fig. 10 vorgesehen, an die Plattform 1 gemäß der Fig. 1 anstelle der dort gezeigten Kopplungskörper zumindest ein (oder mehrere längs beabstandete) Gestellrahmen 1a drehbar zu lagern, wie er beispielsweise in der Fig. 5 anhand der dort gezeigten Plattform offenbart ist. D.h. in die Plattform 1 (gemäß der Fig. 1) werden im Längsabstand Gestellrahmen 1a (entspricht kleinen Plattformen 1) drehbar gelagert, im wesentlichen bestehend aus zwei Längsschienen, die über Querbalken zu einem Gitterrahmen verbunden sind und an denen der/die Kopplungskörper 4 für einer Orbitalbewegung relativ zum Gestellrahmen 1a gelagert sind. Auch hier müssen nicht zwei

Längsschienen verwendet werden. Prinzipiell reicht eine. Diese könnte mittig mit zwei Kopplungskörpern angeordnet, es reicht aber auch eine seitliche Schiene.

Der so aufgebaute Gestellrahmen 1a hat an einem Längsende einen oder mehrere
5 Auftriebskörper 16 und am gegenüberliegenden Längsende ein oder mehrere Gewichte (Massen) 14, sodass sich der Gestellrahmen 1a im Wesentlichen vertikal und damit senkrecht zur (großen) Plattform 1 ausrichtet. Allerdings ist eine Kombination von Gewicht und Auftrieb nicht zwingend erforderlich. Auch ein Gewicht oder ein Auftrieb würde ausreiche.

10 Wird nun an dem an der Plattform 1 drehbar gelagerten Gestellrahmen 1a (entspricht der Plattform 1 gemäß der Fig. 5 in verkleinerter Ausführung) ein (Nutz-) Drehmoment abgegriffen, so führt dies zu einer Verkipfung des Gestellrahmens 1a bezüglich des Schwerkraftvektors (wie in der Fig. 7 dargestellt) um die Drehachse an der Plattform 1, wobei
15 die fortlaufende Verkipfbewegung durch die Auftriebskraft und die Abtriebskraft sowie die jeweils anwachsende Länge des hierbei entstehenden Hebelarms zu einem ansteigenden Gegendrehmoment am Gestellrahmen 1a führt. Dadurch wird das induzierte (Reaktions-) Drehmoment in dem drehbaren Gestellrahmen 1a aufgefangen („verbraucht“) und nicht auf den im Wesentlichen horizontal ausgerichteten Basisrahmen (Plattform 1) übertragen. Das
20 Reaktionsmoment wird also durch das Gegendrehmoment bereits im Rahmengestell 1a „verbraucht“ bzw. kompensiert, bevor es in die Plattform 1 induziert wird.

Gemäß der Fig. 10 ist der drehbare Gestellrahmen 1a in dieser besonderen Ausführungsform in seinem mittleren Bereich an der Plattform 1 gelagert. In einer Abwandlung
25 ist der mindestens eine drehbare Gestellrahmen 1a im Bereich seines unteren Endes (im Bereich seines Zusatzgewichts 14) an der horizontalen Plattform 1 gelagert (dann würde man hier kein Gewicht anbringen). Eine andere Abwandlung sieht vor, den mindestens einen Gestellrahmen 1a drehbar im Bereich seines oberen Endes (im Bereich seiner Auftriebskörper 16) an der horizontalen Plattform 1 zu lagern (dann ohne Auftriebskörper). In
30 allen beschriebenen Abwandlungen besitzt die Gesamtkonstruktion jedoch einen im Wesentlichen neutralen Gesamtauftrieb.

Um die Plattform 1 möglichst stabil im Wasser zu halten, kann diese bei großer Erstreckung mit hohen Cw-Werten ausgelegt sein (das gilt auch für Fig. 1 und 2). Dadurch

werden nicht nur über die Kopplungskörper 4 sondern auch über den horizontalen Rahmen 1 (Plattform 1) Kräfte in die Gesamtanlage eingeleitet. Dies hat bei einer festgelegten Anzahl von Kopplungskörpern 4 den Vorteil, dass sich bei ausreichender Plattformlänge unabhängig von der aktuellen (Meer-) Wellenlänge eine stabile Plattformposition einstellt, da ein wesentlicher Anteil der Kräfte durch den Rahmen eingeleitet wird.

Alternativ ist auch die Ausbildung des horizontalen Rahmens (Plattform) 1 als Heave-Plate mit nach oben ragende Aufhängungen 34 für die vertikalen Gestellrahmen 1a möglich, wie dies in den Fig. 11 und 12 dargestellt ist (ist nicht zwingend eine Dämpfungsplatte, kann auch einfach ein tiefer angeordneter Rahmen sein). Demzufolge können die Aufhängungen 34 durch singuläre Stützstreben (siehe Fig. 11) oder jeweils durch ein Fachwerk bzw. Zweibein (siehe Fig. 12) gebildet sein. Dadurch kann eine noch größere Anlagenstabilität erreicht werden, da der Schwerpunkt der Anlage unter den Schwenkachsen der Gestellrahmen 1a zu liegen kommt.

Denkbar ist hier auch eine drehbare Lagerung der vertikalen Gestellrahmen 1a nicht nur um die horizontale sondern auch um die vertikale Achse. Für diesen Fall wäre es nicht mehr notwendig, dass sich der als Heave-Plate ausgestaltete horizontale Rahmen (Plattform) 1 relativ zur Anströmung ausrichtet, wie dies vorstehend beschrieben wurde. Die Ausrichtung könnte dann durch die auch vertikal drehbar gelagerten Gestellrahmen 1a erfolgen. Alternativ ist auch eine Ausbildung der Plattform/Gestellrahmen über Druckstäbe und Zugseile denkbar.

Bezugszeichenliste

	1	Plattform
	1a	Gestellrahmen (kleine Plattform)
5	2	Schienen
	4	Kopplungskörper
	6	Lagerachse
	8	Hebel
	10	Dreh- oder Montageachse
10	12	Flügel
	14	Gewicht
	16, 18	Auftriebskörper
	20	Laufgewicht
	22	Mooring-Kette
15	24	Verankerung
	26	Taue
	28	Strömungsleitelement
	30	Kopplungselement
	32	Dämpfungsplatte
20	34	Aufhängungen

Patentansprüche

1. Wellenenergieanlage mit einer Plattform (1) sowie zumindest einem Kopplungskörper (4), der drehbar an der Plattform gelagert ist, mit einer Energiewandlereinrichtung –
5 insbesondere ein Generator oder eine Hydromaschine –, durch die ein zur Energiewandlung nutzbares Drehmoment vom Kopplungskörper (4) im Betriebszustand abgegriffen und an der Plattform abgestützt ist, **gekennzeichnet durch** eine Drehmoment-Kompensationseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, ein durch das Abgreifen des nutzbaren Drehmoments entstehendes Reaktions-
10 Drehmoment der Plattform auszugleichen.
2. Wellenenergieanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehmoment-Kompensationseinrichtung einen Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) hat, der in Abhängigkeit des aktuell abge-
15 griffenen nutzbaren Drehmoments und/oder der aktuellen Raumlage der Plattform (1) ein solches Gegendrehmoment auf die Plattform (1) aufbringt, welches die Plattform (1) im Wesentlichen stabil hält, wobei der zumindest eine Kopplungskörper (4) für eine Orbitalbewegung an der Plattform (1) gelagert ist.
- 20 3. Wellenenergieanlage nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehmoment-Kompensationseinrichtung zumindest einen drehbar an der Plattform (1) gelagerten Gestellrahmen (1a) hat, an dem der zumindest eine Kopplungskörper (4) für eine Orbitalbewegung gelagert ist und an dem ein Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) angeordnet ist, der in Abhängigkeit des
25 aktuell abgegriffenen nutzbaren Drehmoments und/oder der aktuellen Raumlage des Gestellrahmens (1a) ein solches Gegendrehmoment auf den Gestellrahmen (1a) aufbringt, welches den Gestellrahmen (1) im Wesentlichen stabil hält, sodass die Plattform (1) im wesentlichen Drehmoment frei bleibt.
- 30 4. Wellenenergieanlage nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) eine dem aktuell abgegriffenen nutzbaren Drehmoment entgegenwirkende Gewichtsverteilung längs der Plattform (1) oder des Gestellrahmens (1a) vorsieht.

5. Wellenenergieanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) einen dem aktuell abgegriffenen nutzbaren Drehmoment entgegenwirkenden unsymmetrischen Auftrieb längs der Plattform (1) oder des Gestellrahmens (1) vorsieht.
6. Wellenenergieanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) zumindest einen vorzugsweise volumenveränderbaren bzw. flutbaren Auftriebskörper/Ballasttank (16, 18) hat, der dezentral zur Schwerpunktslage der Plattform (1) oder des Gestellrahmens (1a) an der Plattform (1) oder an dem Gestellrahmen (1a) angeordnet oder ausgebildet ist.
7. Wellenenergieanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) eine Anzahl von Auftriebskörpern/Ballasttanks (16, 18) hat, die an zwei senkrecht zur Orbitalbewegungsachse des Kopplungskörpers (4) gegenüberliegend beabstandete Endabschnitten der Plattform (1) oder des Gestellrahmens (1a) angeordnet oder ausgebildet sind, von denen zumindest einer hinsichtlich seines Auftriebs veränderbar ist.
8. Wellenenergieanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) eine dezentral zur Schwerpunktslage der Wellenenergieanlage an der Plattform (1) fixierte Mooring-Kette (22) hat.
9. Wellenenergieanlage nach einem der Ansprüche 2-7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendrehmoment-Erzeugungsmechanismus (16, 18, 20, 22) zumindest ein Laufgewicht (20) hat, das längs der Plattform (1) oder des Gestellrahmens (1a) senkrecht zur Orbitalbewegungsachse des zumindest einen Kopplungskörpers (4) hin und her bewegbar ist und/oder ein Trimmfluid umfasst, das in einem Fluidleitungssystem aufgenommen ist und in Plattform- oder Gestellrahmen-Längsrichtung hin- und herpumpbar ist.

10. Wellenenergieanlage nach einem der Ansprüche 2-9, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Anlage bezüglich des geometrischen Mittelpunkts der Plattform (1)
senkrecht zur Orbitalbewegungsachse des zumindest einen Kopplungskörpers (4)
eine asymmetrische, fixe Gewichtsverteilung/Auftriebskraftverteilung hat und/ oder
5 dass der Gestellrahmen (1a) bezüglich seiner Drehachse an der Plattform (1) eine
asymmetrische, fixe Gewichtsverteilung bzw. Auftriebskraftverteilung in dessen
Längsrichtung hat.
11. Wellenenergieanlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der zu-
10 mindest eine Auftriebskörper (16, 18) an einem Längsendabschnitt der Plattform (1)
und eine Mooringkette (22) an einem gegenüberliegenden Längsendabschnitt der
Plattform (1) angeordnet ist, wobei der zumindest eine Auftriebskörper (16, 18) für
den Fall, dass der zumindest eine Kopplungskörper (4) ohne Gestellrahmen (1a) an
der Plattform (1) gelagert ist, so eingestellt ist, dass der hierdurch erzielte Auftrieb bei
15 einer horizontalen Ausrichtung der Plattform (1) zusammen mit der Mooringkette (22)
und/oder einer unsymmetrischen Gewichtsverteilung längs der Plattform (1) ein
Gesamtgegendrehmoment erzeugt, das in etwa gleich dem vom zumindest einen
Kopplungskörper (4) induzierten Drehmoment ist.
12. Wellenenergieanlage nach den Ansprüchen 1 bis 11 **dadurch gekennzeichnet**, dass
20 die Energiewandlereinrichtung dazu ausgebildet ist, im Betrieb das abgestützte
Drehmoment zu variieren, um insbesondere das abgestützte Drehmoment auf die
Summe der aktuell anliegenden Ausgleichsmomente anzupassen.
13. Wellenenergieanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 11 **gekenn-**
zeichnet durch mindestens ein Strömungsleitelement (28), das vorzugsweise an den
Stirnseiten des zumindest einen Kopplungskörpers (4) angeordnet ist und das ein
Ausrichten der Plattform (1) oder des Gestellrahmens (1a) in Wellenfort-
schrittsschrittsrichtung bewirkt, derart, dass die Ausbreitungsrichtung der Welle im We-
25 sentlichen senkrecht zur Lagerachse orientiert ist.
14. Wellenenergieanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 12, **gekenn-**
zeichnet durch mindestens eine Dämpferplatte (32), die über eine vorzugsweise

starre Kopplungseinrichtung (30) mit der Plattform (1) oder dem Gestellrahmen 1a verbunden ist, um Bewegungen der Plattform (1) zu dämpfen.

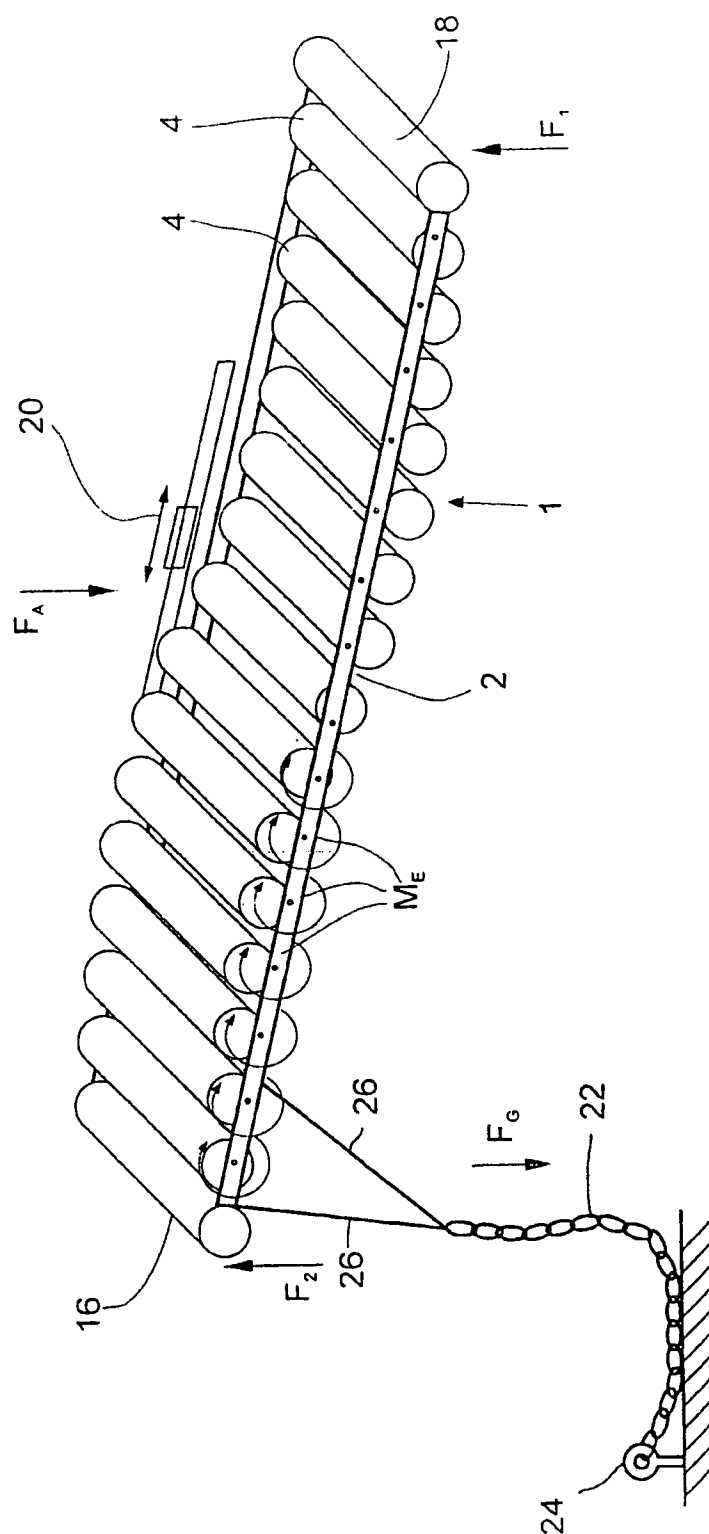
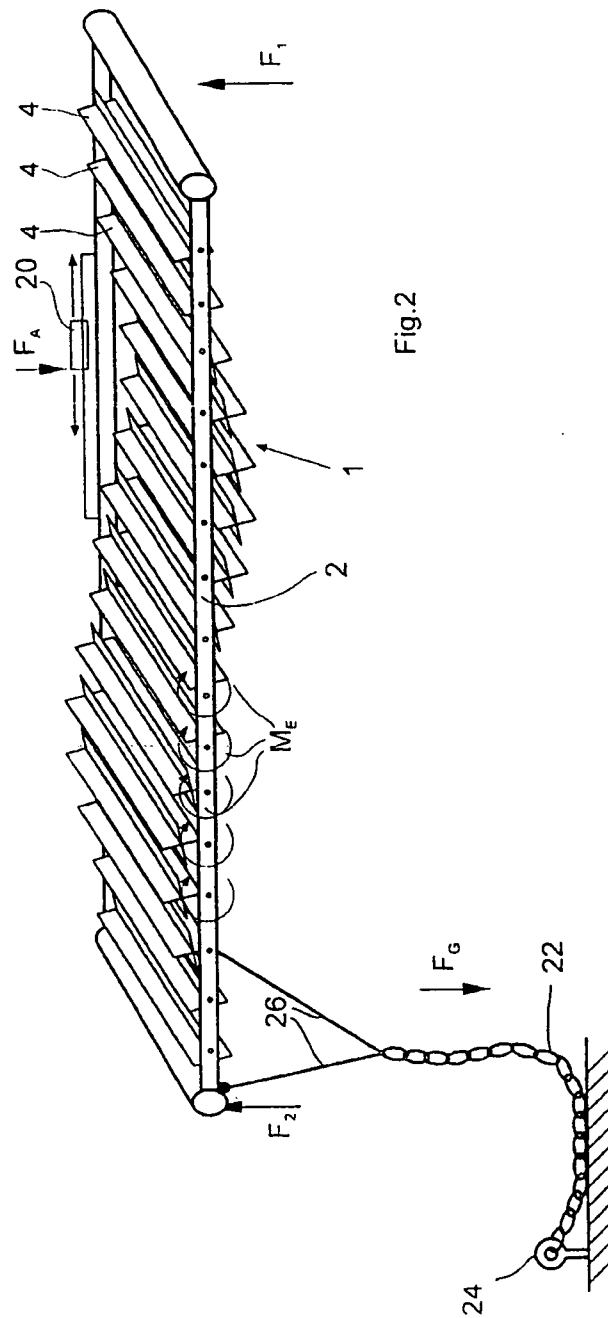
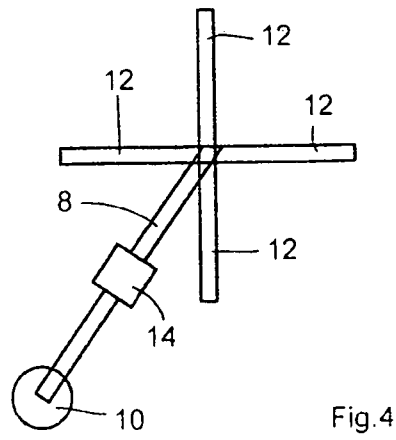
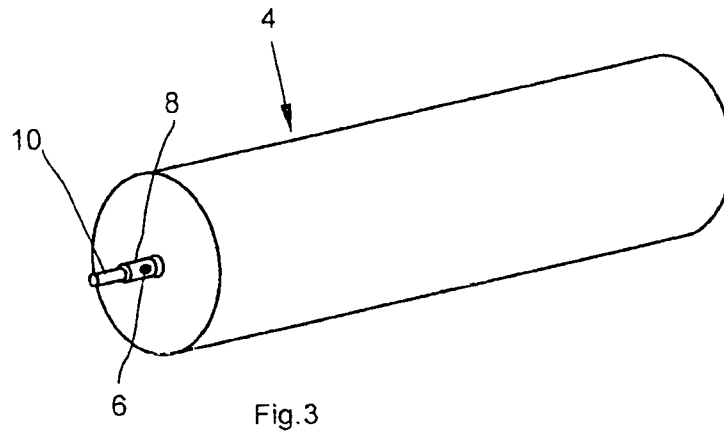


Fig. 1





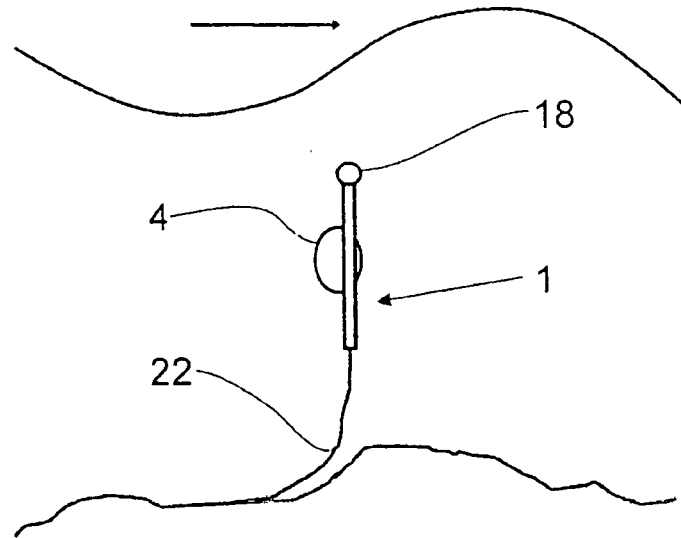


Fig.5

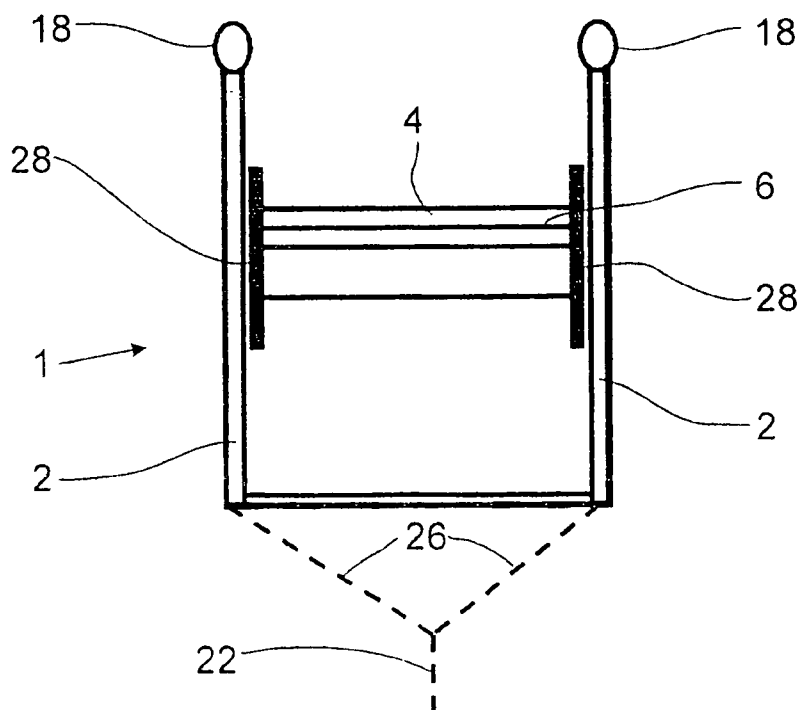


Fig.6

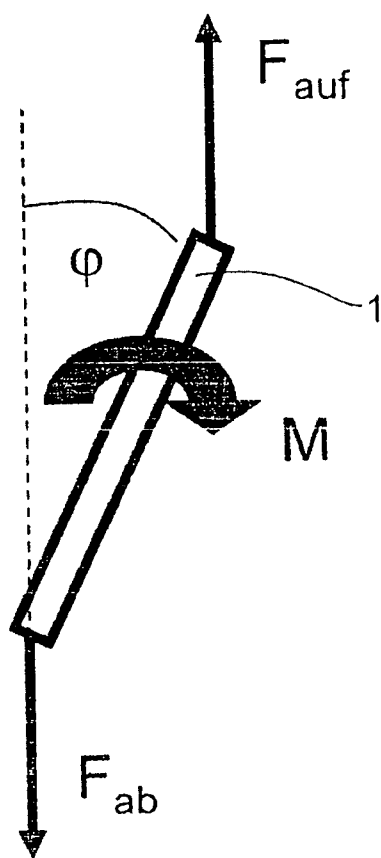


Fig.7

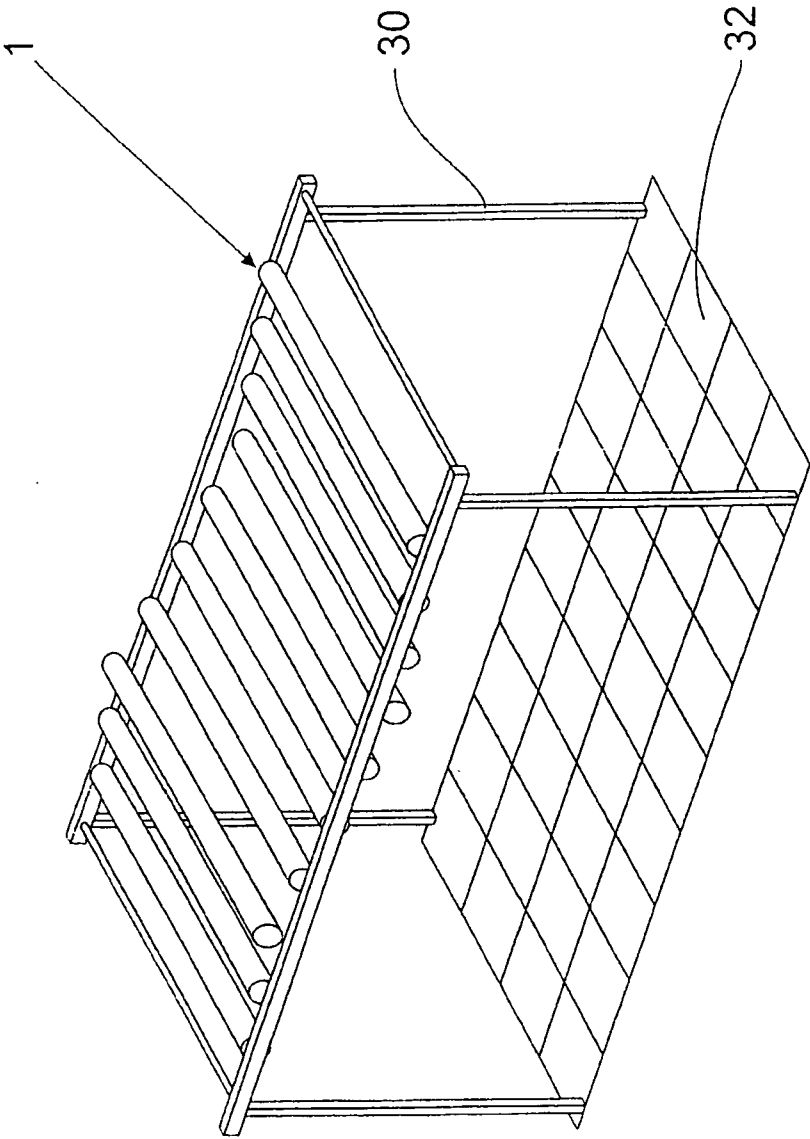


Fig. 8

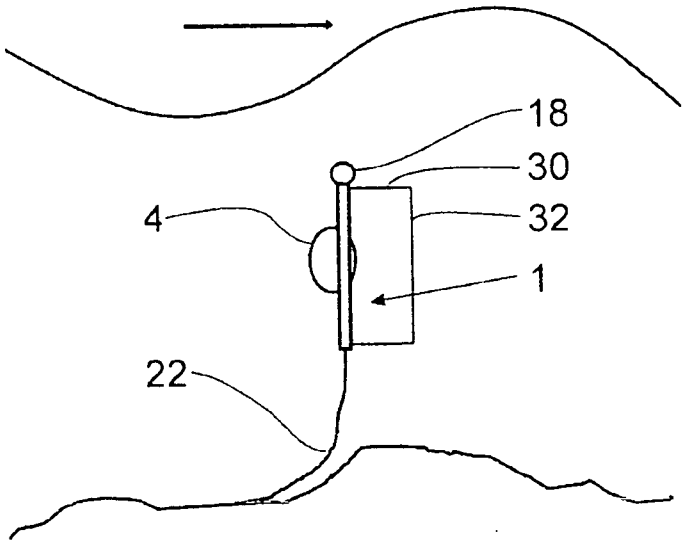


Fig.9

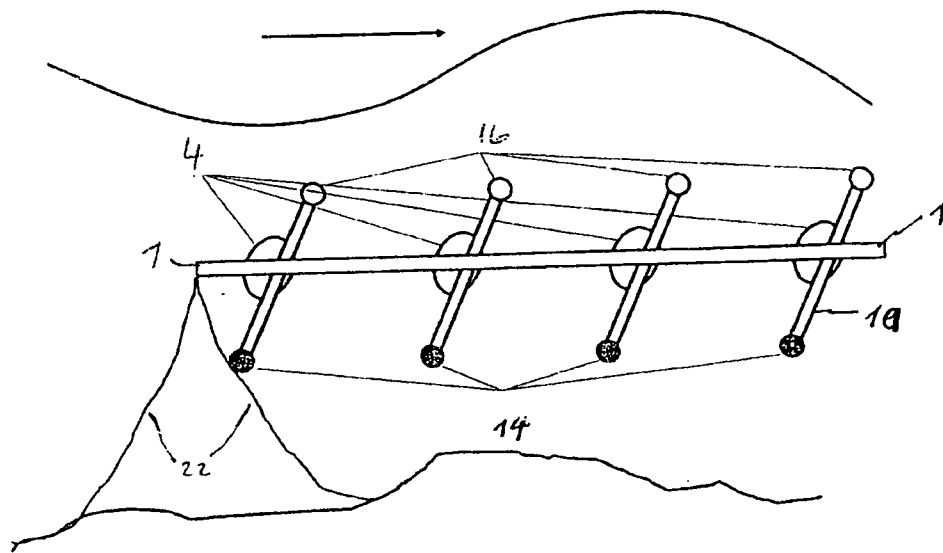


Fig. 10

