



(10) **DE 10 2012 022 858 B3** 2014.02.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 022 858.9**

(22) Anmeldetag: **23.11.2012**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.02.2014**

(51) Int Cl.: **F03B 13/10 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Voith Patent GmbH, 89522, Heidenheim, DE

(74) Vertreter:
Dr. Weitzel & Partner, 89522, Heidenheim, DE

(72) Erfinder:
Bronowski, Helmut, 89522, Heidenheim, DE

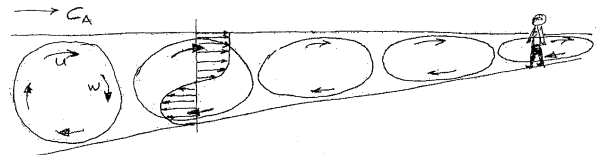
(56) Ermittelter Stand der Technik:

GB	2 256 011	A
GB	2 431 207	A
GB	2 348 249	A
WO	2011/ 043 846	A2

(54) Bezeichnung: **Strömungskraftwerk**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Meeres-Strömungskraftwerk, umfassend die folgenden Merkmale beziehungsweise Bauteile:

- einen Rohrkörper zum Einbau in der Nähe einer Uferböschung, umfassend einen Venturi-Abschnitt, ein oberes offenes Ende und ein unteres offenes Ende;
- im Venturi-Abschnitt ist eine Turbine angeordnet;
- einen Generator, der mit der Turbine in Triebverbindung steht;
- die beiden Rohrenden befinden auf unterschiedlichen geodätischen Höhen;
- die Turbine ist eine Axialturbine oder eine Halbaxialturbine, vorzugsweise eine Kaplan-turbine;
- die Turbinenblätter sind in Abhängigkeit vom Massenstrom selbstverstellend;
- der Rohrkörper hat die Gestalt eines U, das in einer vertikalen Ebene angeordnet ist;
- die beiden Schenkel des U verlaufen horizontal, und die Öffnungen der beiden Enden des Rohrkörpers sind gegen das Meer oder gegen das Ufer hin offen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Strömungskraftwerk mit einer Energieeinheit, umfassend eine Turbine und einen Generator, die sich unter Wasser befinden und eine Strömung zum Zwecke der Energiegewinnung ausnutzen. Dabei geht es um das Ausnutzen von Energie des Meeres.

[0002] Es gibt verschiedene Arten, Energie aus dem Meer zu gewinnen. So gibt es Gezeitenkraftwerke. Hierbei wird die bei den Tiden auftretende Strömung ausgenutzt. Auch kann jene Strömungsenergie ausgenutzt werden, die sich aus dem Heben und Senken („Atmung“) des Meeresspiegels ergibt. Hier wird eine Betonkammer vorgesehen, die auf dem Meeresboden aufgesetzt wird, gegen den Meeresboden hin offen ist, und in einem unteren Bereich von Meerwasser, aber in einem oberen Bereich von Luft ausgefüllt ist. Der obere Bereich weist eine Öffnung mit einem sich daran anschließenden Luftkanal auf. Beim Atmen des Meeresspiegels entsteht im genannten Kanal, eine Luftströmung die eine Luftturbine und damit einen elektrischen Generator antreibt.

[0003] Ein bekanntes Strömungskraftwerk umfasst häufig eine Art Gondel, die langgestreckt ist und einen elliptischen Längsschnitt aufweist. In der Gondel befindet sich eine Welle, die koaxial zur Gondel-Längsachse verläuft. Die Welle trägt einen in der Gondel gekapselten Generator. Sie erstreckt sich am einen Ende der Gondel aus dieser heraus, und trägt dort an ihrem freien Ende ein Laufrad, das als Turbine wirkt.

[0004] Bei Strömungskraftwerken der eingangs genannten Art besteht ein Problem darin, die Energieeinheit an einem Ort energiereicher Strömung zu positionieren, und vor allem zu fixieren. Hierzu sind zahlreiche Vorschläge bekannt geworden.

[0005] GB 2 431 207 A beschreibt ein Strömungskraftwerk, das eine die Energieeinheit tragende Gondel umfasst, ferner einen Pfeiler, der senkrecht im Meeresboden gegründet ist. Beide Bauteile, Gondel und Pfeiler, sind gelenkig miteinander verbunden. Die Gondel kann dabei in die eine oder andere Richtung verschwenkt werden, je nachdem, ob Ebbe oder Flut herrscht. Die Gründung im Meeresboden kann extrem aufwändig sein, je nach Beschaffenheit des Meeresbodens und je nach Tiefe.

[0006] GB 2 348 249 A beschreibt ein Strömungskraftwerk mit einer Energieeinheit, umfassend eine Turbine und einen mit dieser in Triebverbindung stehenden Generator. Die Energieeinheit hängt an einem Schwimmkörper. Ein Stab greift mit seinem einen Ende am Schwimmkörper, und mit seinem anderen Ende an einem im Meeresboden fixierten Anker

an. Auch hier ist wiederum das Fixieren des Ankers im Meeresboden ein Problem.

[0007] GB 2 256 011 A ist ähnlich ausgeführt. Hierbei ist der Schwimmkörper und damit auch die Energieeinheit über ein Kabel mittels eines Ankers am Meeresboden fixiert.

[0008] WO 2011/043846 A2 beschreibt eine Wellenkraftanlage mit einem Venturirohr zum Optimieren der Energieausbeute für tiefes Wasser.

[0009] Ein Nachteil aller dieser Vorrichtungen besteht in den hohen Herstellungskosten, dem hohen Gewicht und den hohen Montagekosten.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Strömungskraftwerk derart zu gestalten, dass das Gewicht, die Herstellungs- sowie die Montagekosten verringert werden.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0012] Ein solches Strömungskraftwerk weist somit die folgenden Bauteile auf:

- einen Rohrkörper zum Einbau in der Nähe einer Uferböschung, umfassend zwei offene Rohrenden,
- in eingebautem Zustand befinden sich die beiden Rohrenden auf unterschiedlichen geodätischen Höhen;
- ein Rohrabschnitt ist als Venturidüse gestaltet;
- im Venturiabschnitt befindet sich eine Turbine mit einem Rotor, dessen Drehachse parallel zur Längsachse des Venturiabschnittes verläuft;
- die Turbine steht mit einem elektrischen Generator in Triebverbindung;
- der Rohrkörper ist zusammengeklappt, sodass er zwei oder mehrere Krümmern bildet;
- der Rohrkörper hat die Gestalt eines U, das in einer vertikalen Ebene verläuft;
- die beiden Schenkel des U verlaufen horizontal, und die beiden Enden des Rohrkörpers sind gegen das Meer hin offen, das heißt vom Ufer abgewandt, oder umgekehrt zum Ufer hin offen.

[0013] Der Erfinder hat sich die Tatsache zunutze gemacht, dass die Energiedichte im Uferbereich am größten ist. Der Abstand vom Ufer hängt von den Umständen des Falles ab, insbesondere vom Tidenhub, von der Neigung der Uferböschung und so weiter. **Fig. 1** veranschaulicht die Strömungsverhältnisse im Uferbereich.

[0014] Je nach Wellengang wird im Rohrkörper eine Strömung des Meerwassers auftreten, und zwar nach oben oder nach unten, und zwar bei Öffnung zum Meer hin und von unten nach oben bei Öffnung zum Ufer hin.

[0015] Die Strömungsgeschwindigkeit wird verstärkt durch die venturiartige Gestaltung, sodass erhebliche Strömungsgeschwindigkeiten erzeugt werden.

[0016] Ein Strömungskraftwerk gemäß der Erfindung weist die folgenden Vorteile auf:

- ein erfindungsgemäßes Strömungskraftwerk ist außerordentlich kostengünstig, da sehr einfach im Aufbau; demgemäß ist die hiermit erzeugte elektrische Energie kostengünstig, ausgedrückt in Euro/Kilowattstunde;
- es wird die besonders hohe, in Ufernähe vorliegende Energiedichte ausgenutzt;
- der Rohrkörper ist am Meeresboden und/oder im Böschungsbereich fixiert, und somit ortsfest; der Venturiabschnitt kann auch schwimmend aufgehängt sein, um die Ein- und Ausströmung zu optimieren;
- die Fixierung ist unproblematisch und kostengünstig;
- die gesamte Anlage kann von Land aus überwacht und gewartet werden;
- die Energieübertragung ist unkompliziert, da das Strömungskraftwerk ortsfest ist;
- die Strömung wird optimal ausgenutzt: Wie sich aus **Fig. 1** ergibt, herrscht im oberen Bereich (nahe dem Wasserspiegel) eine auflandige Strömung. Diese wird von der oberen Öffnung des Rohrkörpers aufgenommen. Im unteren (meeresbodennahen) Bereich herrscht eine ablandige Strömung. Diese übt eine Saugwirkung auf die untere Öffnung des Rohrkörpers aus. Hieraus folgt eine Steigerung der Strömung im Rohrkörper, und damit eine hohe Energieausbeute.

[0017] Die Turbine wird im Allgemeinen von Kaplan-Bauart sein. Sie weist verstellbare Turbinenblätter auf, entsprechend dem Wechsel der Strömungsrichtung im Rohrkörper. Die Turbinenblätter können selbstverstellend (asymmetrisch) gestaltet sein, sodass sie sich in Abhängigkeit vom Massenstrom selbst verstellen. Die Rückstellung der Blätter nach jeder Strömungsumkehr und das Begrenzen des Schaufelwinkels bei einer Auslenkung kann über ein Torsionsfederpaket erfolgen.

[0018] Dieses kann zusätzlich noch die Fliehkräfte der Blätter auf das Nabenzentrum übertragen. Das synchrone Verstellen aller Blätter erfolgt beispielsweise über eine Kegelradverzahnung.

[0019] Der Rotor kann Radiallager und Axiallager für beide Lastrichtungen aufweisen. Hier kommen beispielsweise wassergeschmierte Gleitlager in Betracht.

[0020] Auch können sogenannte Wells-Turbinen eingesetzt werden. Diese können zwar von zwei Richtungen her angeströmt werden. Allerdings ver-

ringert sich hierbei der Wirkungsgrad, und das schädliche Abreißen der Strömung kann auftreten.

[0021] Ein Strömungskraftwerk gemäß der Erfindung lässt sich auch zum Ausnutzen der Tidenenergie verwenden.

[0022] Statt einer U-Form oder C-Form kann der Rohrkörper aber auch anders gestaltet sein. So kann es sich um einen geradlinigen Rohrkörper handeln. Auch kann der Rohrkörper seiner Länge nach doppelt zusammengefaltet sein, sodass er zwei Krümmungen umfasst. Dies hat den Vorteil, dass sich der Rohrkörper verkürzen lässt, was bei geringer Meerestiefe im Uferbereich vorteilhaft sein kann. Auch ein mehrfaches Zusammenfallen ist denkbar.

[0023] Die Erfindung ist anhand der Zeichnung näher erläutert. Darin ist im Einzelnen folgendes dargestellt:

[0024] **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung von Orbitalbahnen der Wellenteilchen.

[0025] **Fig. 2** zeigt in schematischer Darstellung und in Seitenansicht eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strömungskraftwerks, das auf einer Uferböschung gelagert ist.

[0026] **Fig. 2a** zeigt eine Variante des Gegenstandes von **Fig. 2** mit einem Strömungskraftwert, das im Uferbereich an Bojen hängt.

[0027] **Fig. 3** zeigt den Gegenstand von **Fig. 2** in Ansicht X.

[0028] **Fig. 4** veranschaulicht sehr schematisch Varianten der ersten Ausführungsform.

[0029] **Fig. 5** zeigt in schematischer Darstellung eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strömungskraftwerks.

[0030] **Fig. 6** zeigt eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strömungskraftwerks.

[0031] **Fig. 7** zeigt eine Mehrzahl von Strömungskraftwerken gemäß **Fig. 5**.

[0032] **Fig. 8** ist eine vergrößerte Darstellung eines Venturi-Abschnittes.

[0033] **Fig. 1** veranschaulicht die Orbitalbahnen eines Partikels in der Strömung. Periodische Wellen haben für die Energieumwandlung folgende maßgebende Geschwindigkeiten: Die Ausbreitungsgeschwindigkeit (c_A), die horizontale Geschwindigkeit (u) und die vertikale Geschwindigkeit (w) der einzelnen Partikel. Die Wasserpartikel einer Tiefwasserwelle bewegen sich auf Orbitalbahnen, deren Durch-

messer mit der Wassertiefe auf den Wert Null abnimmt. Kommt die Welle in den Flachwasserbereich, so werden die Kreisbahnen der Wasserpartikel zu Ellipsen verformt, bei der die Horizontalbewegungen zunehmend größer und die Vertikalbewegungen zunehmend kleiner werden. Schließlich bewegen sich alle Wasserpartikel nur noch in horizontaler Richtung vorwärts und rückwärts. Es findet somit im Bereich der Wasseroberfläche (in Spiegelnähe) eine Strömung in Richtung zum Ufer hin statt. Am Boden hingegen findet eine Strömung hinweg vom Ufer statt.

[0034] Die Erfindung nutzt diese Zusammenhänge aus. Der Rohrkörper wird somit durchströmt, wobei der Wasserstrom einen natürlichen Antrieb aufgrund der oben genannten Verhältnisse hat. Ganz entscheidend ist, dass die Strömung stets in ein und derselben Richtung verläuft – in die obere Öffnung des U-förmigen Rohrkörpers hinein, sodann im venturiartigen Abschnitt mehr oder minder senkrecht in Richtung Meeresboden, und schließlich wieder aus dem Rohrkörper heraus durch die untere Öffnung. Dabei wird die Strömungsgeschwindigkeit gesteigert durch die venturiartige Ausbildung des mittleren Abschnittes, des Steges des U.

[0035] Der rohrförmige Körper braucht nicht streng die Gestalt eines U zu haben. Er kann auch C-förmig sein. Im Extremfall könnte er sogar halbkreisförmig sein, oder die Gestalt einer Halb-Ellipse haben.

[0036] Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Meeres-Strömungskraftwerkes. Siehe den Rohrkörper 2 mit dem Venturi-Abschnitt 2.1, dem oberen offenen Ende 2.2 und dem unteren offenen Ende 2.3. Die Pfeile veranschaulichen den Eintritt in die obere Öffnung sowie den Austritt aus der unteren Öffnung. Im Venturi-Abschnitt 2.1 befindet sich eine Turbine 3. Diese kann nach Art einer Kaplan-turbine gestaltet sein.

[0037] Das Strömungskraftwerk ist von einem Fachwerkträger 5 gehalten. Dieser ist seinerseits mittels eines Anlenklagers 5.1 an der Uferböschung 4 schwenkbar fixiert.

[0038] Das Strömungskraftwerk ist außerdem abgestützt auf einem Tragwerk 6, das sich wiederum auf der Uferböschung 4 abstützt. Fig. 2a zeigt den Zustand bei Niedrigwassers. Hierbei schwimmt das Strömungskraftwerk, getragen von zwei Bojen 8, 9.

[0039] Das Strömungskraftwerk kann derart gestaltet und angeordnet sein, dass es sich verlagern lässt, und zwar in Richtung vom Ufer hinweg, oder auf dieses zu.

[0040] Fig. 3 ist eine Ansicht auf das Strömungskraftwerk in Richtung X in Fig. 2.

[0041] Die zweite Variante ist in den Fig. 5 bis Fig. 8 veranschaulicht.

[0042] Fig. 5 zeigt in schematischer Darstellung ein Strömungskraftwerk. Es umfasst unter anderem die folgenden Bauteile:

An einer Boje 1 ist ein Rohrkörper 2 aufgehängt. Rohrkörper 2 weist einen Venturi-Abschnitt 2.1 auf. Der Rohrkörper 2 weist ein oberes offenes Ende auf. Dieses befindet sich beispielsweise in der Nähe der Boje 1. Die Öffnung kann aus einer Mehrzahl von Perforationen bestehen – hier nicht dargestellt. Der Rohrkörper weist ferner ein unteres offenes Ende 2.3 auf.

[0043] Im Venturi-Abschnitt ist eine Turbine 3 eingebaut. Diese ist vorzugsweise nach dem Kaplan-Prinzip gestaltet. Sie steht in Triebverbindung mit einem hier nicht gezeigten Generator.

[0044] Aus den Ansichten A und B erkennt man, dass der Rohrkörper seiner Länge nach gefaltet ist und hierdurch zwei Krümmer 2.4 und 2.5 aufweist – siehe Ansicht B.

[0045] Das Strömungskraftwerk befindet sich im Meer, und zwar in unmittelbarer Ufernähe.

[0046] Fig. 6 veranschaulicht eine dritte Ausführungsform. Hierbei ist wiederum der Rohrkörper 2 erkennbar. Er ist im Wesentlichen so gestaltet, wie bei der ersten Ausführungsform gemäß Fig. 1. Jedoch ist er nicht an einer Boje frei hängend und vertikal angeordnet. Vielmehr befindet er sich auf einer Uferböschung 4, gehalten von einem Fachwerkträger 5 an einem Anlenklager 5.1.

[0047] Hier erkennt man das obere offene Ende 2.2 und das untere offene Ende 2.3 des Rohrkörpers 2. Bei der starken Strömung, die im Uferbereich herrscht, kommt es zu Aufwärts- und Abwärtsströmungen. Demgemäß ist der Rohrkörper 2 periodisch durchströmt, abwechselnd von unten nach oben und von oben nach unten. Im Venturi-Abschnitt 2.1 steigt die Strömungsgeschwindigkeit stark an, was zu einer hohen Energieausbeute führt.

[0048] Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 7 sieht man eine Mehrzahl von Strömungskraftwerken gemäß Fig. 5. Diese sind in Position gehalten mittels eines Tragwerkes 6. Tragwerk 6 umfasst einen Pfeiler 6.1, der im Meeresboden fundamentierte ist. Am oberen Ende von Pfeiler 6.1 sind mehrere Schwenkarme 6.2 angelenkt, dieselbe Zahl, wie die Zahl von Strömungskraftwerken. Am freien Ende eines jeden Schwenkarmes 6.2 ist ein Strömungskraftwerk angelenkt.

[0049] Fig. 8 ist eine vergrößerte Darstellung eines Venturi-Abschnittes 2.1. Dieses enthält eine Energie-

einheit, umfassend eine Turbine **3** sowie einen Generator **7**.

[0050] Die Turbine **3** ist mittels eines Wasserlagers **3.1** gelagert. Die Turbinenblätter **3.2** sind je nach Strömungsrichtung verstellbar. Im vorliegenden Falle handelt es sich um selbstverstellende Turbinenblätter.

[0051] Der Generator **7** ist von einer Haube **7.1** umgeben. Diese ist luftgefüllt. Siehe die Druckluftleitung **7.2**. Der Strom wird über ein elektrisches Kabel **7.3** abgenommen.

Bezugszeichenliste

1	Boje
2	Rohrkörper
2.1	Venturi-Abschnitt
2.2	oberes offenes Ende
2.3	unteres offenes Ende
2.4	Krümmen
2.5	Krümmen
3	Turbine
3.1	Wasserlager
3.2	Turbinenblatt
4	Uferböschung
5	Fachwerkträger
5.1	Anlenklager
6	Tragwerk
6.1	Pfeiler
6.2	Schwenkarm
7	Generator
7.1	Haube
7.2	Druckluftleitung
7.3	Stromkabel
8	Boje
9	Boje

Patentansprüche

1. Meeres-Strömungskraftwerk, umfassend die folgenden Merkmale beziehungsweise Bauteile:
 1.1 einen Rohrkörper (**2**) zum Einbau in der Nähe einer Uferböschung (**4**), umfassend einen Venturi-Abschnitt (**2.1**), ein oberes offenes Ende (**2.2**) und ein unteres offenes Ende (**2.3**);
 1.2 im Venturi-Abschnitt (**2.1**) ist eine Turbine angeordnet;
 1.3 einen Generator (**7**), der mit der Turbine (**3**) in Triebverbindung steht;
 1.4 die beiden Rohrenden (**2.2**, **2.3**) befinden auf unterschiedlichen geodätischen Höhen;
 1.5 die Turbine ist eine Axialturbine (**3**) oder eine Halbaxialturbine, vorzugsweise eine Kaplan-turbine;
 1.6 die Turbinenblätter (**3.2**) sind in Abhängigkeit vom Massenstrom selbstverstellend;
 1.7 der Rohrkörper (**2**) hat die Gestalt eines U, das in einer vertikalen Ebene angeordnet ist;

1.8 die beiden Schenkel des U verlaufen horizontal, und die Öffnungen der beiden Enden (**2.2**, **2.3**) des Rohrkörpers (**2**) sind gegen das Meer oder gegen das Ufer hin offen.

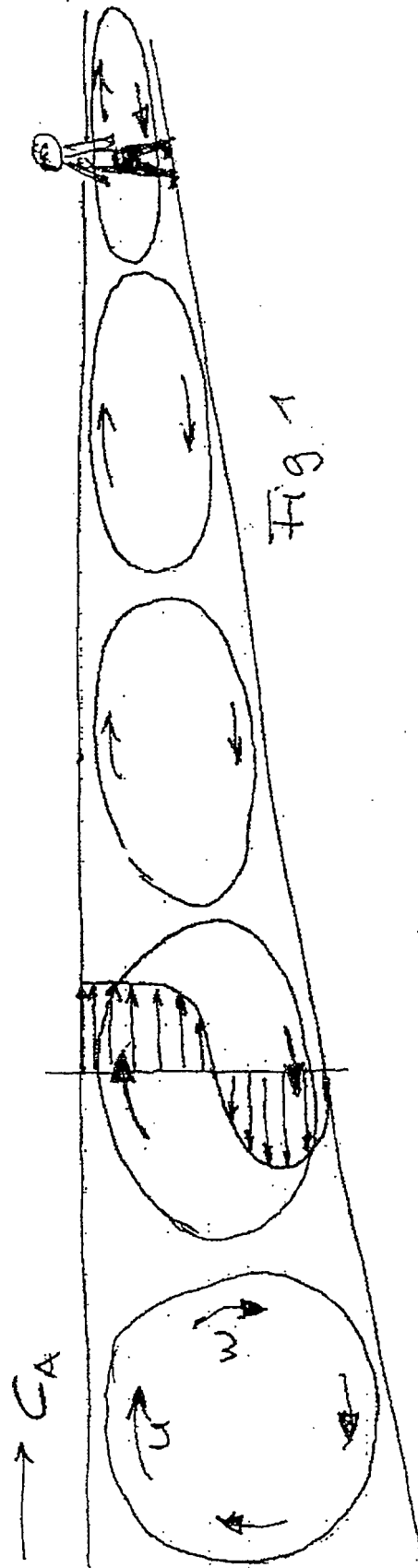
2. Meeres-Strömungskraftwerk nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohrkörper (**2**) an einem Fachwerkträger (**5**) angelenkt ist, der seinerseits an der Uferböschung **4** angelenkt ist.

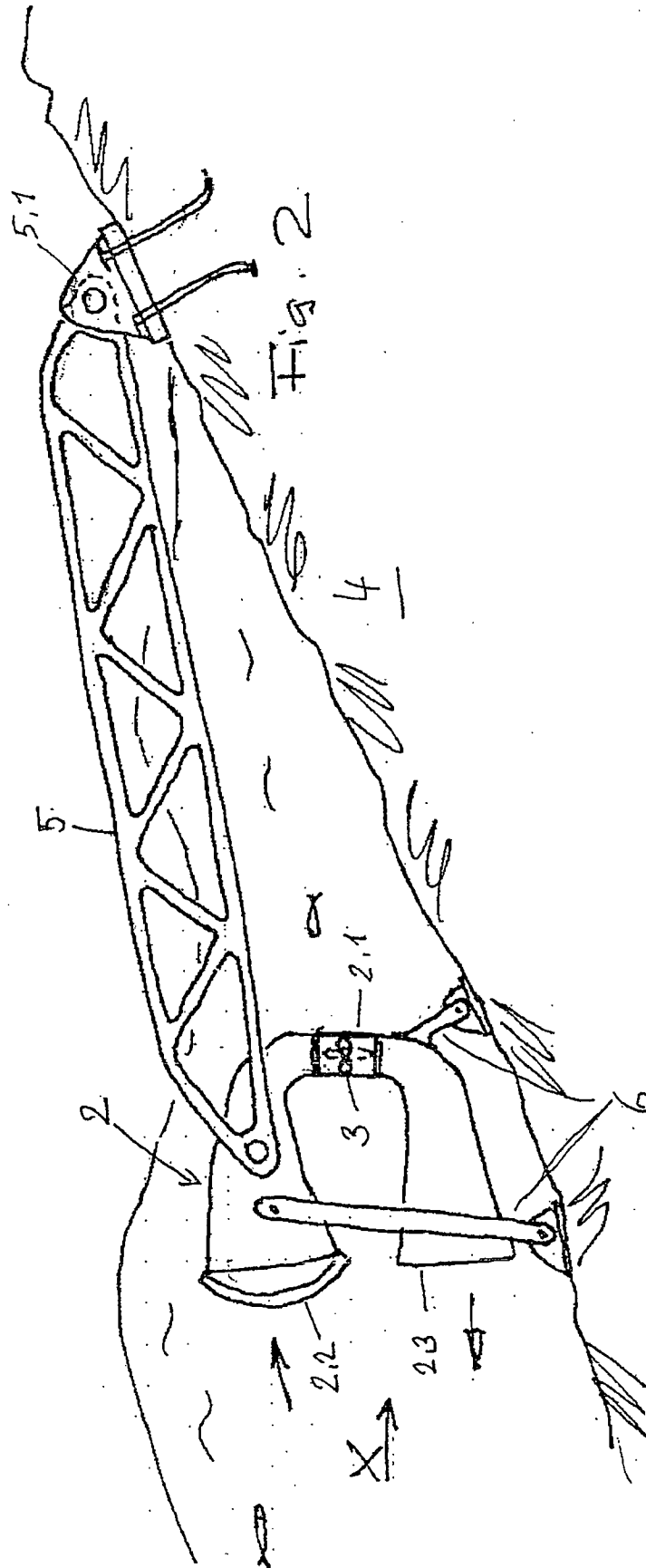
3. Meeres-Strömungskraftwerk nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohrkörper (**2**) zum Meer hinaus beziehungsweise gegen die Uferböschung (**4**) verfahrbar ist.

4. Meeres-Strömungskraftwerk, umfassend die folgenden Merkmale beziehungsweise Bauteile:
 4.1 einen Rohrkörper (**2**) zum Einbau in der Nähe einer Uferböschung (**4**), umfassend einen Venturi-Abschnitt (**2.1**), ein oberes offenes Ende (**2.2**) und ein unteres offenes Ende (**2.3**);
 4.2 im Venturi-Abschnitt (**2.1**) ist eine Turbine angeordnet;
 4.3 einen Generator (**7**), der mit der Turbine (**3**) in Triebverbindung steht;
 1.4 die beiden Rohrenden (**2.2**, **2.3**) befinden auf unterschiedlichen geodätischen Höhen;
 4.5 die Turbine ist eine Kaplan-turbine;
 4.6 die Turbinenblätter (**3.2**) sind in Abhängigkeit vom Massenstrom selbstverstellend;
 4.7 der Rohrkörper (**2**) ist zusammengeklappt, so dass er zwei oder mehrere Krümmen (**2.4**, **2.5**) bildet.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





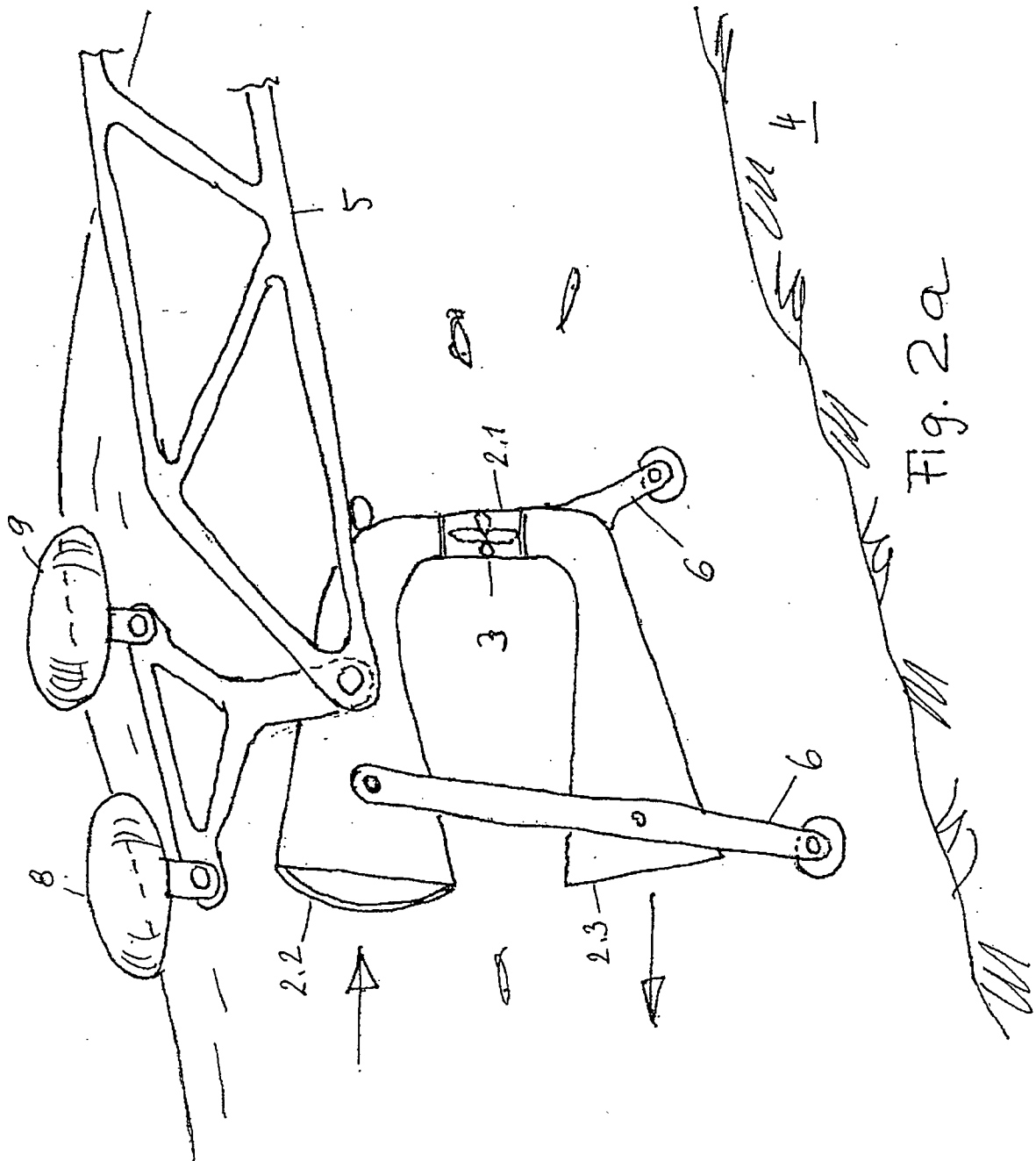


Fig. 2a

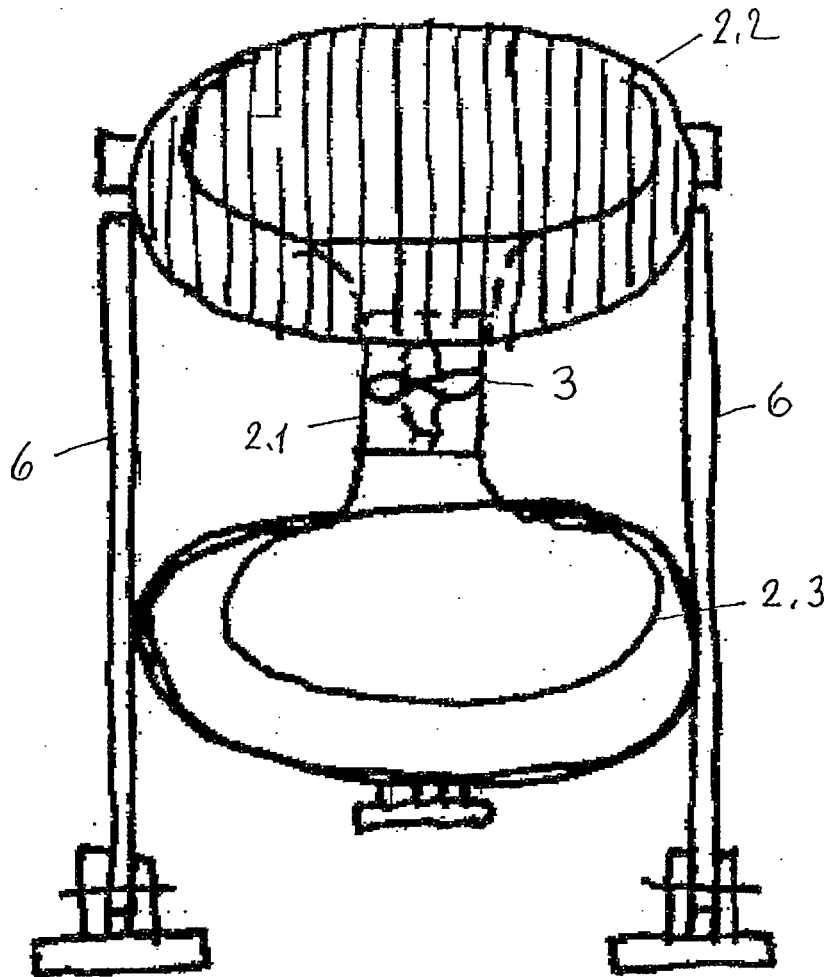


Fig. 3

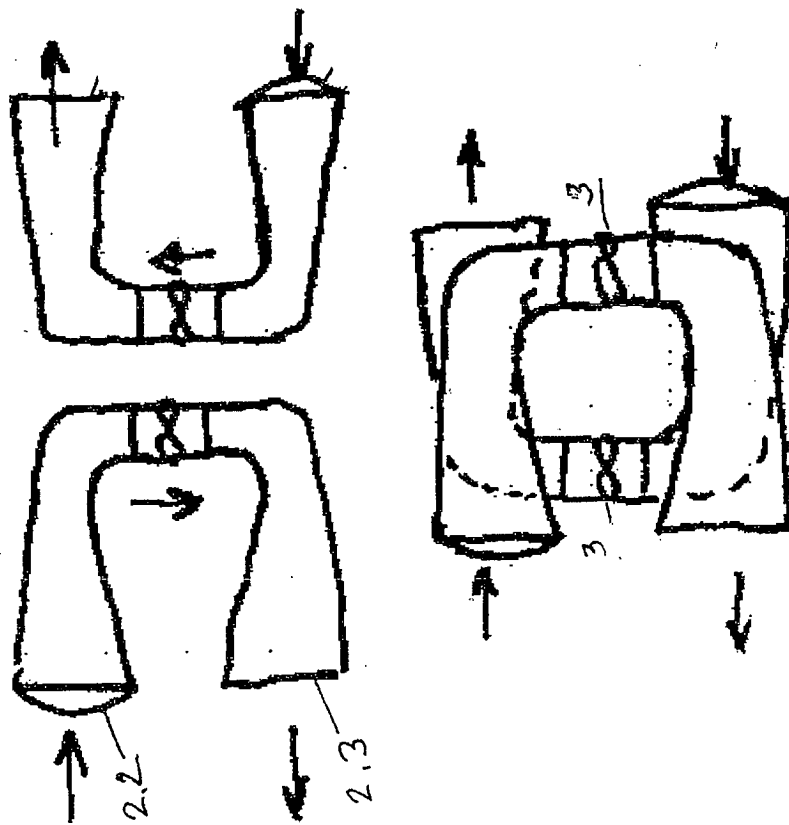


Fig. 4

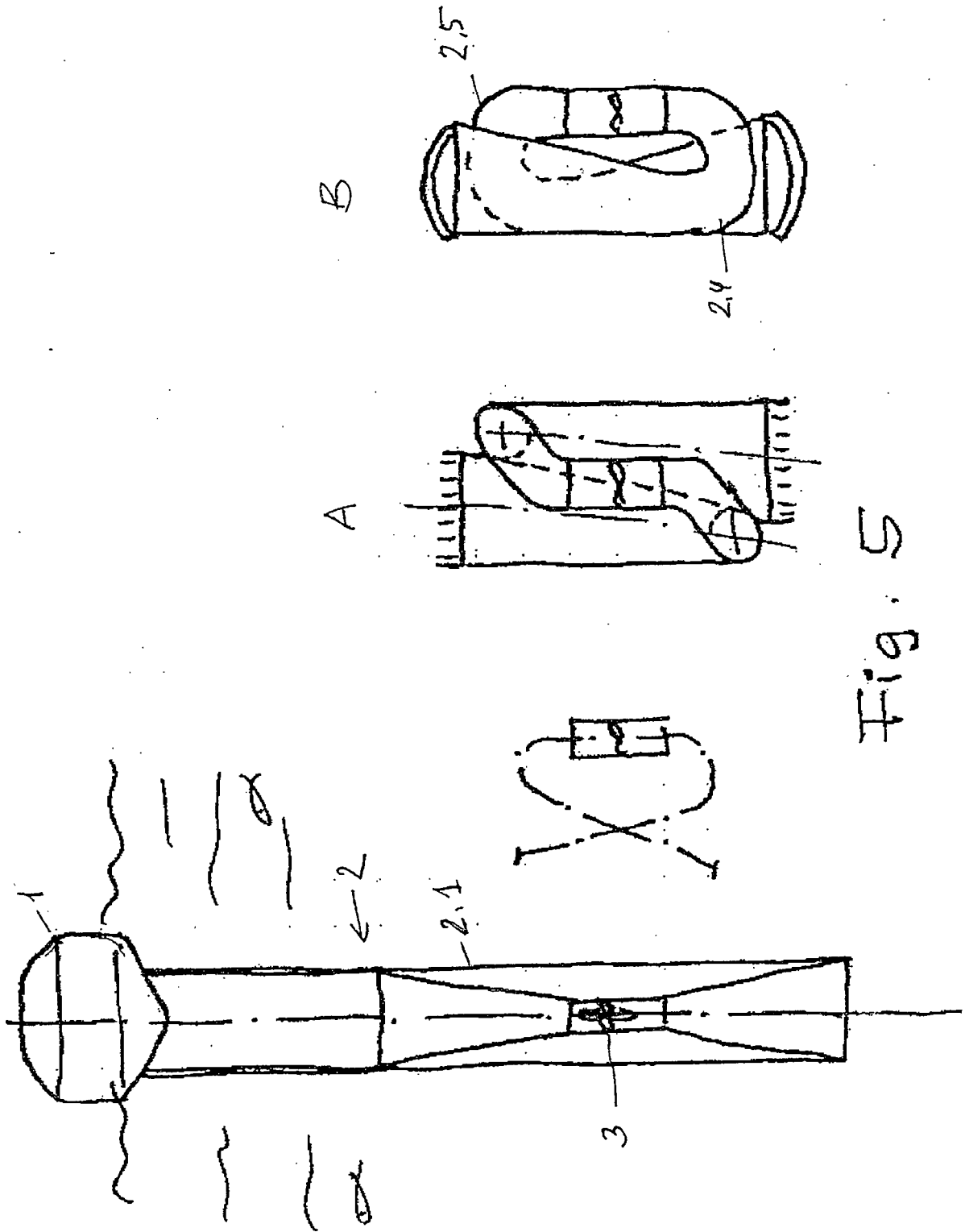


Fig. 5

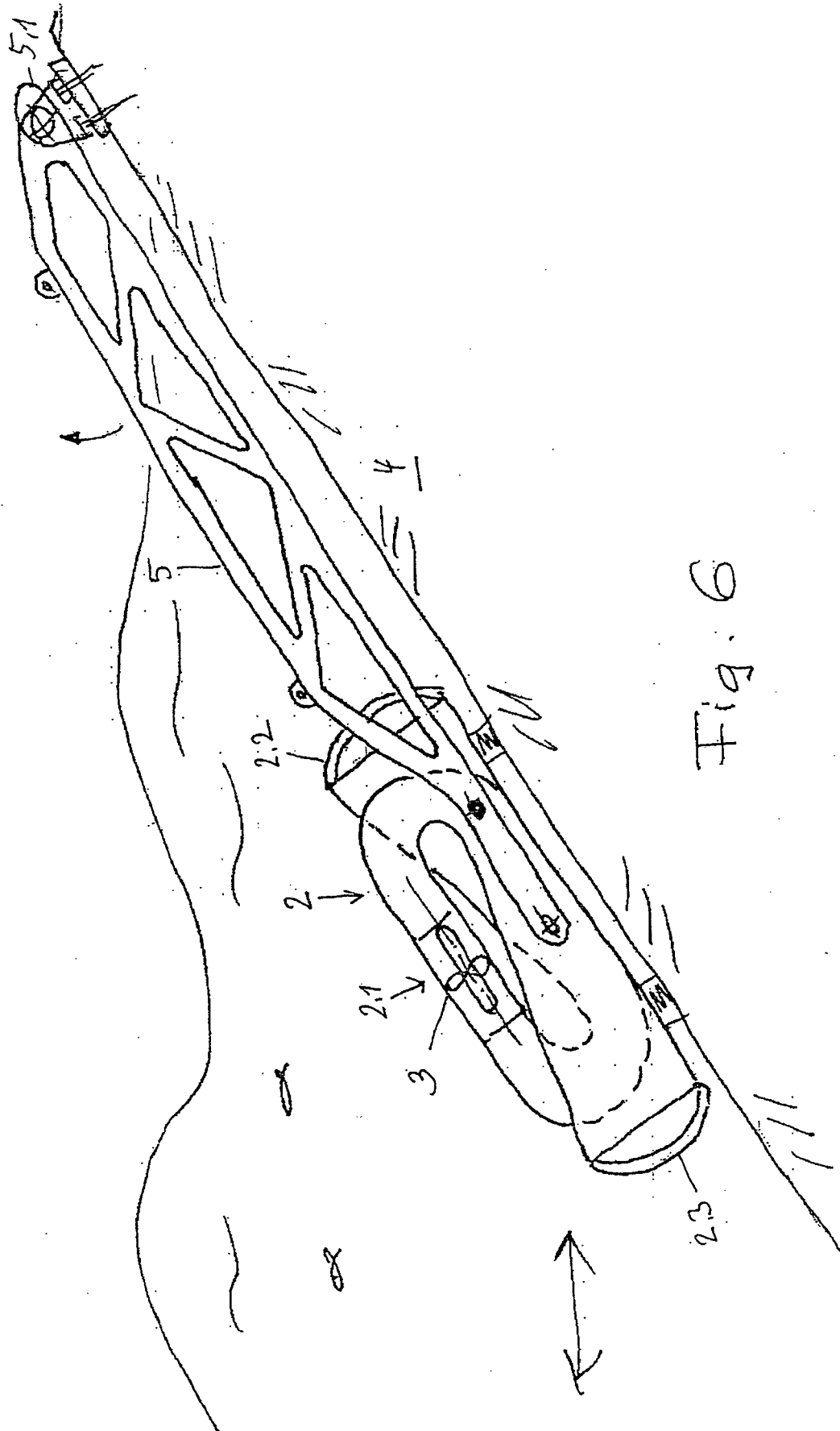


Fig. 6

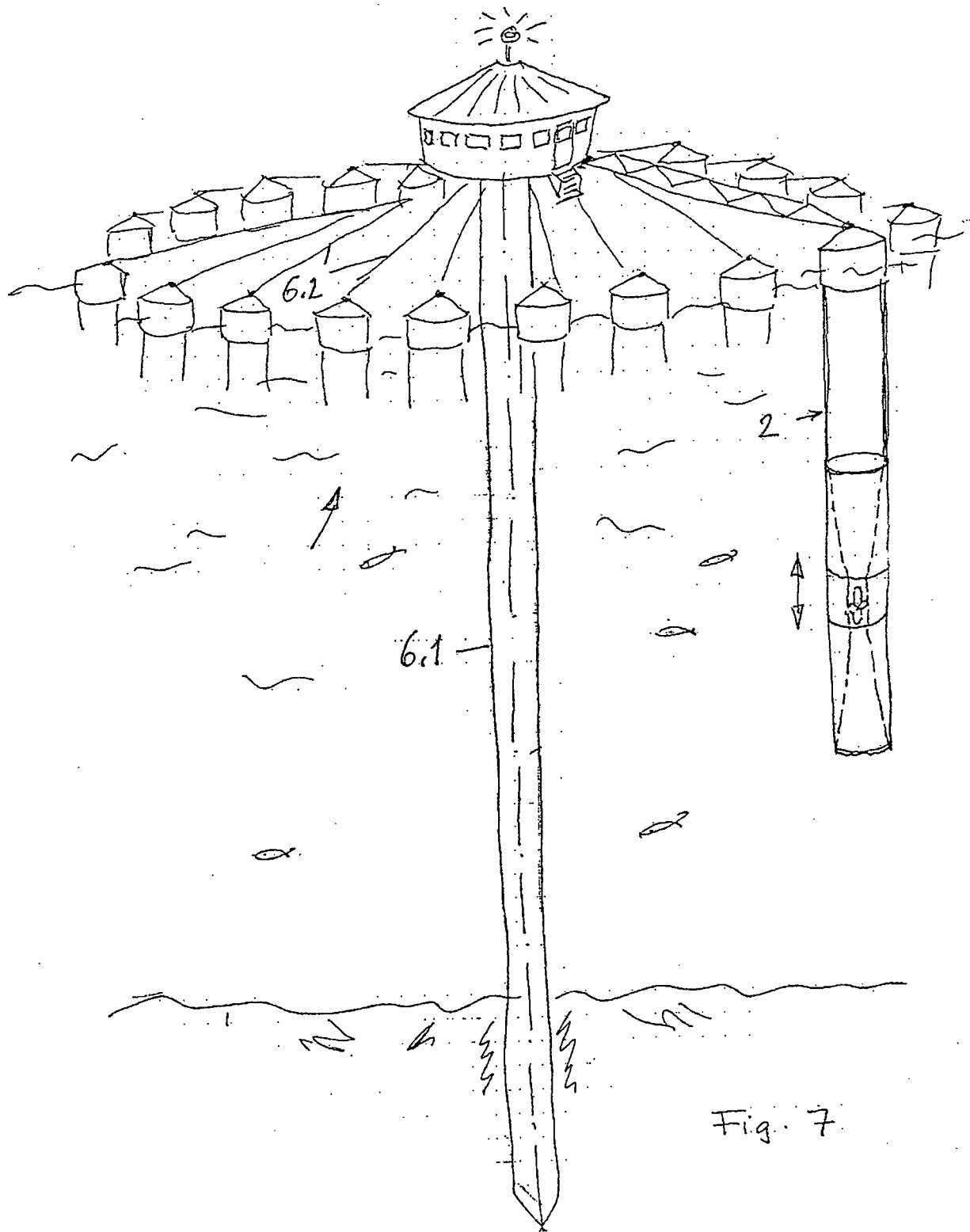


Fig. 7

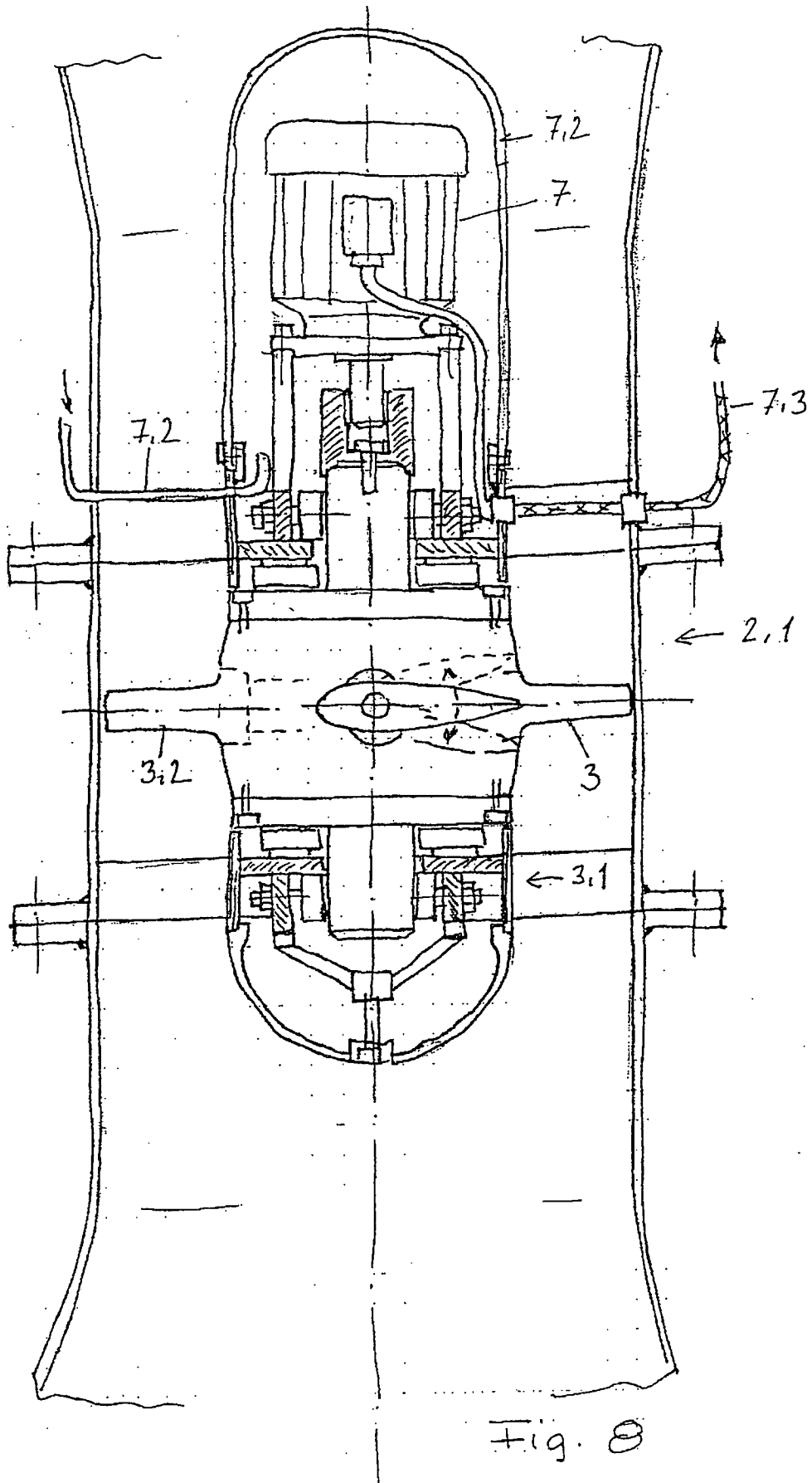


Fig. 8