

(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
11. Dezember 2008 (11.12.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/148497 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/004268

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Mai 2008 (29.05.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 026 277.0 5. Juni 2007 (05.06.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **VOITH PATENTS GMBH** [DE/DE]; Sankt Pöltener
Strasse 43, 89522 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STUMMER, Manfred**
[DE/DE]; Erchenstrasse 36, 89522 Heidenheim (DE).

(74) Anwalt: **WEITZL & PARTNER**; Friedenstrasse 10,
89522 Heidenheim (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, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, PG,
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
SV, SY, 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, 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, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, 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 ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

(54) Title: HYDROELECTRIC POWER PLANT

(54) Bezeichnung: WASSERKRAFTANLAGE

(57) Abstract: The invention relates to a hydroelectric power plant which comprises a flow path having an upper water level and a lower water level, two turbines that are connected in series in the flow path, each comprising a rotor, a housing and a draft tube. The invention is characterized by the following features: the first machine when seen in the direction of flow is a radial-flow or semiaxial-flow or axial-flow turbine; the second machine when seen in the direction of flow is a radial-flow, semi-radial or axial-flow turbine.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Wasserkraftanlage - mit einem Strömungsweg, der einen Oberwasserpegel und einen Unterwasserpegel aufweist; - mit zwei Turbinen, die im Strömungsweg in Reihe geschaltet sind, jeweils umfassend einen Rotor, ein Gehäuse und ein Saugrohr. Die Erfindung ist gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale: - die in Strömungsrichtung gesehen erste Maschine ist eine radial- oder halbaxial oder axial durchströmte Turbine; - die in Strömungsrichtung gesehen zweite Maschine ist eine radial, halbaxial oder axial durchströmte Turbine.



WO 2008/148497 A2

Wasserkraftanlage

Die Erfindung betrifft eine Wasserkraftanlage mit einer Strömungsmaschine,
insbesondere einer Wasserturbine, ferner mit einem elektrischen Generator, der
5 von der Turbine angetrieben wird.

Wasserkraftanlagen sind in unterschiedlichen Formen bekannt geworden. Hierzu
gehören beispielsweise Flusskraftwerke, die die Energie der Strömung des
Flusses ausnutzen. Ferner sind Speicherkraftwerke bekannt geworden. Diese
10 umfassen einen Oberwasserspeicher sowie einen Unterwasserspeicher. Zwischen
diesen beiden ist der Maschinensatz angeordnet, bestehend aus einer Turbine
und einem Generator. Dabei kann die Turbine bei Pumpspeicherwerken zu Zeiten
geringen Energiebedarfs als Pumpe betrieben werden. Sie fördert dann einen Teil
des im Unterwasserspeicher enthaltenen Wassers zurück in den
15 Oberwasserspeicher.

Für die Zwecke der Erfindung kommen alle Turbinenarten außer Freistrahlturbinen
in Betracht. In Betracht kommen somit zum Beispiel Francisturbinen, halbaxiale
oder Kaplan-turbinen. Im Allgemeinen haben der Rotor der Strömungsmaschine,
20 zum Beispiel der Turbine, und der Rotor des Generators ein und dieselbe Welle,
können aber auch getrennte Wellen haben.

Bei allen diesen Wasserkraftanlagen ist der Turbine ein Fallrohr vorgeschaltet. Die
Turbine weist im Allgemeinen ein spiralförmiges Einlaufgehäuse auf, das das
25 Wasser auf die Schaufeln des Turbinenrotors richtet.

Der Turbine ist ein Saugrohr nachgeschaltet. Dieses ist an das Spiralgehäuse
unmittelbar angeschlossen. Im Allgemeinen erweitert es sich trichterförmig in
Strömungsrichtung. Es mündet unterhalb des Unterwasserspiegels.
30

Ein gravierendes Problem bei Strömungsmaschinen ist die Kavitation. Diese ist äußerst nachteilig; sie verringert den Wirkungsgrad der Maschine und kann zu erheblichen Schäden der beteiligten Bauteile führen, bis zu deren völliger Zerstörung. Im Hinblick auf die Kavitation müssen häufig beim Konstruieren und Positionieren der Strömungsmaschine Kompromisse gemacht werden, die zu Lasten der Energieausnutzung gehen.

Die Gefahr der Kavitation nimmt mit der Fallhöhe zu, das heißt mit der Höhendifferenz zwischen Oberwasserspiegel und Unterwasserspiegel. Sie nimmt außerdem mit der Drehzahl zu.

Man versucht, der Kavitation – außer durch konstruktive Maßnahmen – dadurch entgegenzuwirken, dass man die Strömungsmaschine um ein bestimmtes Maß unterhalb des Unterwasserspiegels anordnet. Dieses Maß wird auch „Setting“ genannt. Das Setting ist somit der Abstand zwischen dem Unterwasserspiegel und dem Turbinenrotor. Das Tieflegen des Rotors bedeutet baulichen Aufwand. Je tiefer der Rotor angeordnet wird, desto mehr Material muss für das Krafthaus ausgehoben werden. Nach geologischen Verhältnissen kann dies zu erheblichem Aufwand führen, zum Beispiel wenn mit Sprengungen verbunden.

Das Setting ist somit entscheidend für die Investitionskosten eines Kraftwerkes und damit auch für die Kosten der Kilowattstunde.

Wasserkraftanlagen mit zwei in Reihe geschalteten Turbinen sind bekannt. Siehe CH 28 31 84 A und CH 12 64 65 A. Diese Wasserkraftanlagen haben jedoch Nachteile. So erfüllen sie nicht im wünschenswerten Maße die Funktion, die Kavitationsgefahr zu verringern. Außerdem sind sie aufwendig und kostspielig in der Herstellung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Wasserkraftanlage der eingangs beschriebenen Art derart zu gestalten, dass die Kavitationsgefahr verringert und

gleichzeitig die mit einem großen Setting verbundenen Baukosten verringert werden.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

5

Der Erfinder hat folgende Lösung gefunden: Er sieht im Strömungsweg zwei Turbinen vor, die in Reihe geschaltet sind. Die in Strömungsrichtung gesehen erste Turbine ist eine radial, halbaxial oder axial durchströmte Turbine. Die in Strömungsrichtung gesehen zweite Turbine ist eine radial, halbaxial oder axial durchströmte Turbine. Die erste Turbine kann beispielsweise eine Francisturbine sein, und die zweite eine Kaplan-turbine.

10

Es ist zweckmäßig, die beiden Turbinen unmittelbar einander nachzuschalten, somit ohne zwischengeschaltete Drossel oder ohne zwischen geschaltetes Wasserschloss. Die Drehachsen der Rotoren der Turbinen können auf derselben geodätischen Höhe angeordnet sein. Jedoch sind auch Abweichungen möglich. Schließlich können mehr als zwei Turbinen miteinander kombiniert werden.

15

Die Erfindung lässt sich mit besonderen Vorteilen anwenden bei hohen Gefällen und bei Anwendungsfällen, bei welchen Turbinen kleinen Durchmessers bevorzugt werden, beispielsweise aus Gründen des Umweltschutzes.

20

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme ist es möglich, das Setting auf Null zu minimieren und damit die Rotoren auf der Höhe des Unterwasserspiegels anzuordnen. Gegebenenfalls könnten die Rotoren sogar oberhalb des Unterwasserspiegels angeordnet werden. Durch den Strömungswiderstand ist es auch möglich, die Drehzahl frei zu wählen.

25

Die Erfindung ist natürlich auch bei Pumpspeicherwerken anwendbar.

30

Die Erfindung bringt aber weitere Vorteile:

- Als Generator kann ein am Markt erhältliches Standardprodukt verwendet werden, mit Abstufungen im 20 Megawatt-Bereich, zum Beispiel 40, 60, 80 usw. Megawatt, aber auch anderer Leistungen.
- 5 - Durch die Standardisierung des Konzeptes einer Wasserkraftanlage sind die beteiligten Aggregate nicht nur kostengünstig, sondern auch schnell lieferbar.
- Es ist kein aufwendiges Entwässerungssystem notwendig, da Leckage- und Entleerströme frei abfließen können.
- 10 - Da nur ein geringer oder gar kein Aushub notwendig ist, bedarf es keiner kostspieligen geologischen Gutachten oder Untersuchungen.
- Die Fundamentierung für das Krafthaus und für die Maschinensätze ist wesentlich einfacher und kostengünstiger.

15 Die Erfindung ist anhand der Zeichnung näher erläutert. Darin ist im Einzelnen folgendes dargestellt:

Figur 1 zeigt schematisch eine Wasserkraftanlage mit einer Francisturbine und einer nachgeschalteten Kaplanmaschine.

20

Figur 2 zeigt in einem Axialschnitt eine Francisturbine mit horizontaler Welle und mit nachgeschalteter weiterer Turbine.

Figur 3 zeigt schematisch eine Francisturbine mit vertikaler Welle und nachgeschalteter weiterer Turbine.

25

Figur 4 zeigt schematisch eine Kaplanmaschine mit vertikaler Welle und nachgeschalteter weiterer Turbine.

30 Figur 1 veranschaulicht das Grundprinzip der Erfindung. Die darin gezeigte Wasserkraftanlage umfasst ein Oberwasser 10. Dieses speist durch eine

Druckleitung 20 über ein Absperrorgan 30 eine Francisturbine 1. Die Francisturbine 1 treibt einen Generator 40 an. Nach dem Durchtritt durch die Turbine strömt das Wasser durch eine zweite Turbine 50 zum Unterwasser 60.

- 5 Figur 2 zeigt eine Francisturbine 1 mit horizontaler Welle. Sie umfasst die folgenden wesentlichen Elemente:
einen Rotor 2 mit einer Mehrzahl von Schaufeln 2.1, ein Spiralgehäuse 3, das den Rotor 2 umschließt, eine Welle 4, die mit dem Rotor 2 drehfest verbunden und horizontal angeordnet ist, ein Saugrohr 5 mit einem krümmernerweiternden
10 Auslaufrohr 5.2.

Die Turbine treibt beim Betrieb einen hier nicht dargestellten Generator an. Dessen Rotor sitzt ebenfalls auf Welle 4.

- 15 Eine weitere Turbine ist hier nicht näher dargestellt. Sie könnte im Auslaufrohr 5.2 angeordnet sein.

- In Figur 3 ist wiederum eine Francisturbine 1 dargestellt. Diese weist jedoch eine vertikale Welle 4 auf. Der Francisturbine 1 ist eine zweite Turbine nachgeschaltet, die sich im Saugrohr 5 befindet, aber hier nicht dargestellt ist.
20

Die in Figur 4 gezeigte Turbine 1 ist eine Kaplan turbine. Sie weist eine vertikale Welle 4 auf.

- 25 Auch dieser Turbine ist eine zweite Turbine nachgeschaltet, hier nicht dargestellt.

Umfasst das Wasserkraftwerk zwei oder mehrere Turbinen, die hintereinander geschaltet sind, so können diese auf ein und demselben geodätischen Niveau angeordnet werden, beispielsweise auf der Höhe des Unterwasserpegels.

- 30 Gewisse Abweichungen nach oben oder nach unten sind möglich. Bei der Wahl der geodätischen Höhe jeglicher Strömungsmaschinen ist anzustreben, dass die

6

jeweils nachgeschaltete Strömungsmaschine im Sinne eines Minimierens des Setting angeordnet wird, und zugleich im Sinne des Aufbaus eines ausreichenden Gegendrucks entgegen einer stromaufwärtigen Strömungsmaschine durch eine nachgeschaltete Strömungsmaschine.

5

Die beiden Strömungsmaschinen oder gegebenenfalls alle Strömungsmaschinen können eine gemeinsame Welle, oder jeweils eine eigene Welle aufweisen.

Bezugszeichenliste

	1	Turbine
	2	Rotor
5	2.1	Schaufeln
	3	Gehäuse
	4	Welle
	5	Saugrohr
	5.1	Krümmern
10	5.2	Auslaufrohr
	10	Oberwasser
	20	Druckleitung
	30	Absperrorgan
	40	Generator
15	50	Turbine
	60	Unterwasser

Patentansprüche

1. Wasserkraftanlage
- 5 1.1 mit einem Strömungsweg, der einen Oberwasserpegel und einen Unterwasserpegel aufweist;
- 1.2 mit zwei Turbinen, die im Strömungsweg in Reihe geschaltet sind, jeweils umfassend einen Rotor (2), ein Gehäuse (3) und ein Saugrohr (5), gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- 10 1.3 die in Strömungsrichtung gesehen erste Maschine ist eine radial- oder halbaxial oder axial durchströmte Turbine;
- 1.4 die in Strömungsrichtung gesehen zweite Maschine ist eine radial, halbaxial oder axial durchströmte Turbine.

- 15 2. Wasserkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Turbine eine Francisturbine, und die zweite Turbine eine Kaplan-turbine ist.

- 20 3. Wasserkraftanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Schwerpunkt der Rotoren (2) zwischen dem Oberwasserpegel und dem Unterwasserpegel oder über oder unter dem Unterwasserpegel befinden.

- 25 4. Wasserkraftanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsmaschinen Turbinen (1) unterschiedlicher oder gleicher Bauart sind.

- 30 5. Wasserkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Strömungsmaschine und/oder wenigstens eine zweite Strömungsmaschine der ersten Strömungsmaschine nachgeschaltet ist.

6. Wasserkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Strömungsmaschine auf der Höhe des Unterwasserpegels oder darüber oder darunter liegt.
- 5 7. Wasserkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sich die zweite Strömungsmaschine auf der Höhe des Unterwasserpegels oder darüber oder darunter befindet.

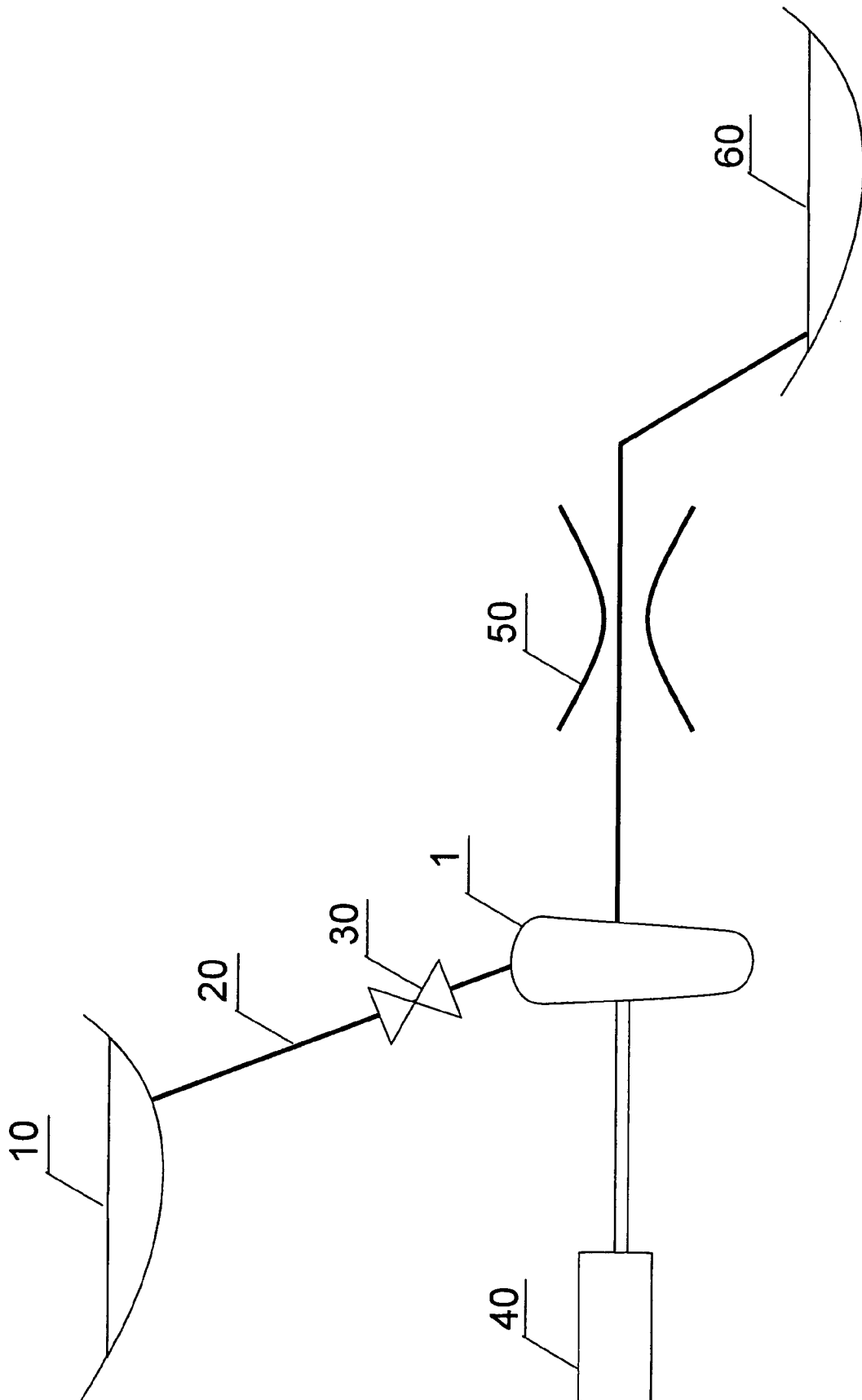
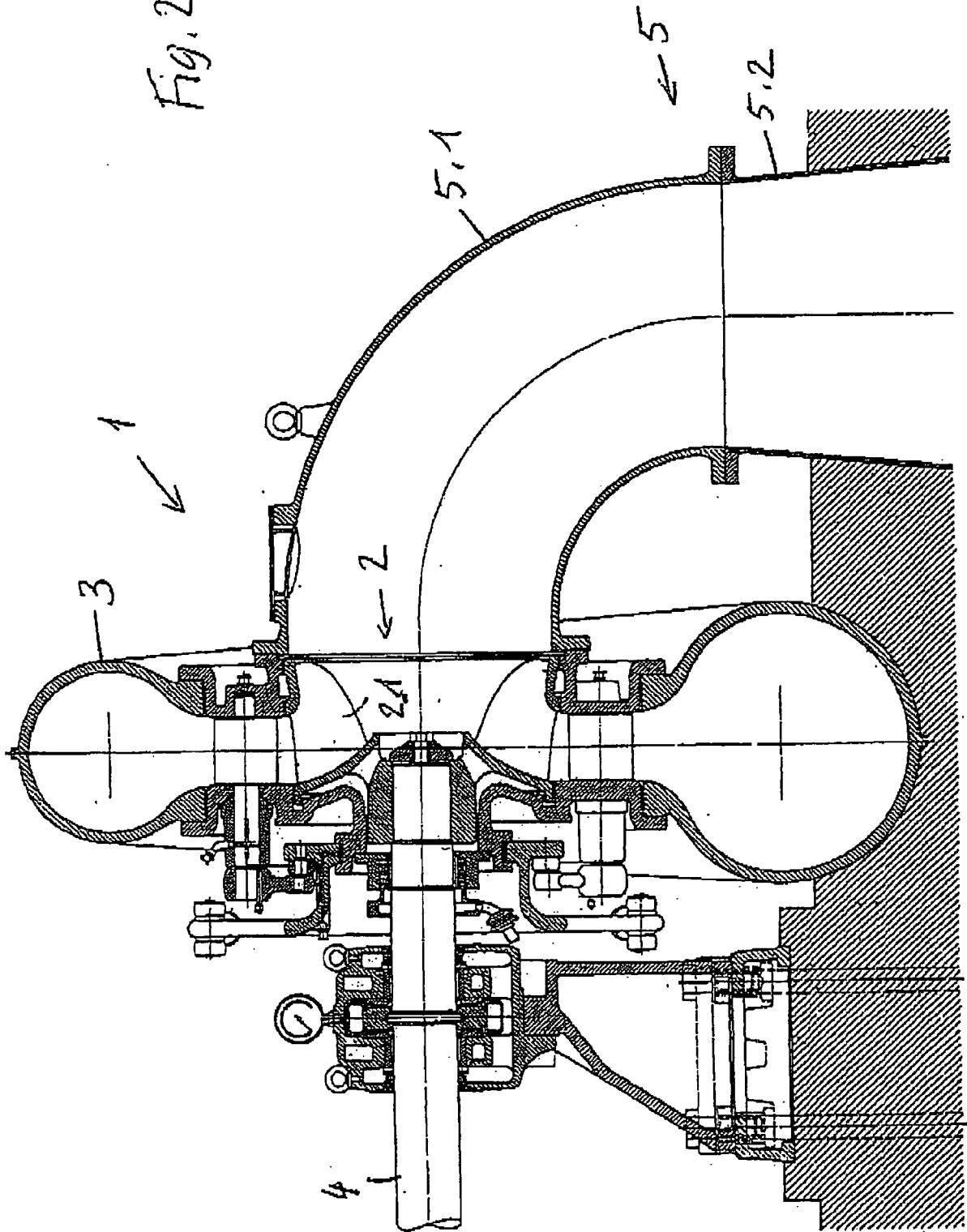


Fig. 2



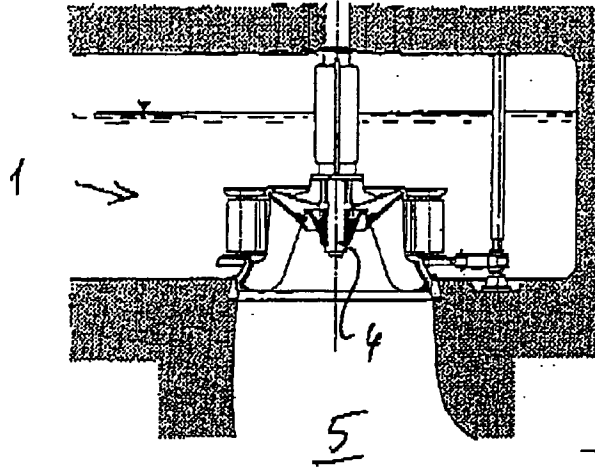


Fig. 3

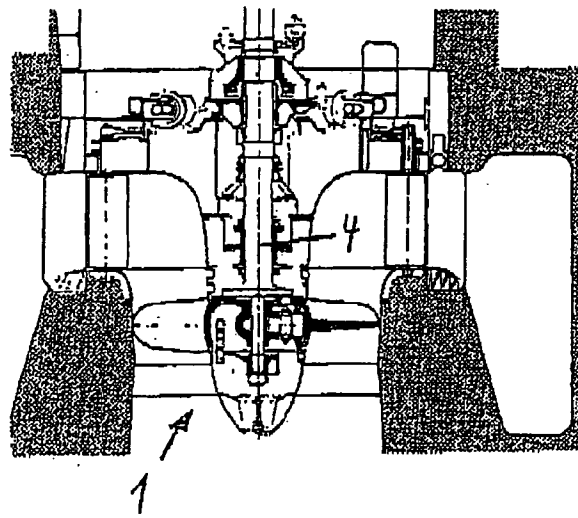


Fig. 4