



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 717 747 A2

(51) Int. Cl.: E02B 9/08 (2006.01)
F03B 13/14 (2006.01)
F03B 17/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00901/20

(71) Anmelder:
RV Lizenz AG, Alte Steinhauserstrasse 1
6330 Cham (CH)

(22) Anmeldedatum: 21.07.2020

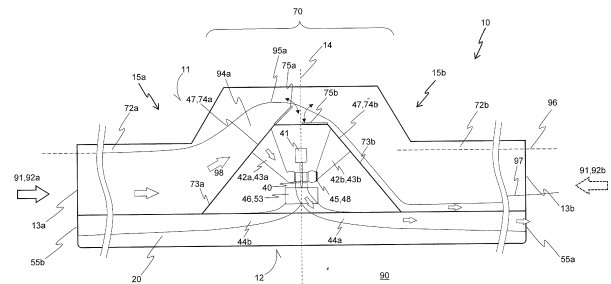
(72) Erfinder:
Mikael Rüdlinger, 6340 Baar (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.01.2022

(74) Vertreter:
IPrime Rentsch Kaelin AG, Hirschengraben 1
8001 Zürich (CH)

(54) Schwimmfähige Kraftwerkeinheit zur Erzeugung von elektrischer Energie aus einer gerichteten Wasserströmung an der Oberfläche eines Gewässers.

(57) Eine Schwimmfähige Kraftwerkeinheit zur Erzeugung von elektrischer Energie aus einer gerichteten Wasserströmung (91) an der Oberfläche eines Gewässers (90), umfasst mindestens einen Schwimmkörper (20); mindestens eine Wasserkraftmaschine (40) zum Antrieb eines Stromgenerators (41); eine durch den mindestens einen Schwimmkörper getragene Aufstauvorrichtung (70), mit welcher bei der in Bezug auf eine Oberflächen-Strömung (91) eines Gewässers (90) örtlich fixierten Kraftwerkeinheit anströmendes (98) Wasser in Bezug auf einen lokalen Wasserspiegel (96) des Gewässers nach oben leitbar und zu einer ersten stehenden Wasserwelle (94a) auf einer ersten Seite einer Bezugsebene (14) senkrecht zur Strömungsrichtung (92a, 92b) aufstaubar ist; und eine erste Zuführvorrichtung (42a) zum Ableiten von Wasser aus der ersten stehenden Wasserwelle (94a) in die mindestens eine Wasserkraftmaschine.



Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft schwimmfähige Kraftwerkeinheiten zur Erzeugung von elektrischer Energie aus einer gerichteten Wasserströmung an der Oberfläche eines Gewässers, und entsprechende Verfahren.

Technologischer Hintergrund

[0002] Für die Erzeugung erneuerbarer Energien gibt es eine Vielzahl verschiedener Möglichkeiten, die je nach lokalen Gegebenheiten unterschiedlich relevant sein können. Eine solche Quelle erneuerbarer Energie ist Wasserkraft. Zum einem grossen Teil werden dabei Wasserkraftwerke eingesetzt, bei welchen mit Stauwerken Wasser gestaut wird. Je nach zu Verfügung stehender Durchflussmenge und Fallhöhe kommen verschiedene dabei Typen von Wasserturbinen zum Einsatz, um die potentielle Energie und/oder kinetische Energie des gestauten Wassers möglichst effizient und effektiv in kinetische Energie der drehenden Turbine umzusetzen, die wiederum mittels Stromgeneratoren elektrische Energie erzeugen.

[0003] Ebenfalls bekannt sind Gezeitenkraftwerke, bei welchen Meeresbuchten mit hohem Tidenhub durch Sperrwerke abgeschlossen werden, um die Gezeitenströme in beiden Richtungen zur Energiegewinnung mittels Wasserturbinen zu nutzen. Für solche Grossanlagen gibt es nur wenige technisch geeignete Standorte.

[0004] Grössere Wasserkraftwerke benötigen eine aufwendige fixe Infrastruktur mit entsprechend hohen Investitionskosten. Dies macht einen entsprechend langen Planungshorizont notwendig. Der Eingriff in die Umwelt ist in der Regel erheblich, was entsprechende politische Widerstände verursachen kann. An abgelegenen Standorten wiederum ist die Instandhaltung und Logistik oft sehr aufwendig.

[0005] Es wurden auch Wasserkraftanlagen entwickelt zur energetischen Nutzung vorhandener gerichteter Gezeitenströmungen in Meeresgewässern ohne die Notwendigkeit des Baus von aufwendigen Sperrwerken. Solche im Vergleich zu den vorgenannten Tidenhub-Kraftwerken kleine Kraftwerkeinheiten nutzen direkt in einer Wasserströmung angeordnete Turbinen oder Rotoren zum Antrieb der Stromgeneratoren. Sie können teilweise auch zur Nutzung der Strömung in Fließgewässern genutzt werden. Sie lassen sich durch ihre Anordnung bzw. Befestigung im Gewässer in verschiedene Typen unterteilen.

[0006] Bei einem Typ solcher Kraftwerke sind die entsprechenden Vorrichtungen auf einer auf dem Grund angeordneten Tragstruktur angebracht. Beispielfhaft dazu zeigt US 5440176 eine Anlage mit einer Mehrzahl von in der Wasserströmung angeordneten Kaplan-ähnlichen Turbinen auf einer Tragstruktur. WO 2014/130840 A1 offenbart einen in der Strömung angeordneten Rotor, der auf einem auf dem Grund verankerten Mast befestigt ist.

[0007] Alternativ werden Turbinen- Gondeln bzw. Rotoren-Gondeln im freien Wasser schwebend oder hängend angeordnet, wie beispielsweise in US 2007/096472 A1 und GB 2256011 A offenbart.

[0008] Für die Wartung der vorgenannten Anlagen müssen jeweils die Anlagen-Teile aus dem Wasser geborgen werden, was aufwendig ist.

[0009] Bei einem weiteren Kraftwerks-Typ werden auf einer schwimmenden Plattform nach unten ins Wasser ragende Strukturen verwendet, um die Rotoren- bzw. Turbineneinheiten zu tragen. Solche Anlagen sind beispielsweise aus DE 2635529 A1 und WO 2004/104411 A1 bekannt. Der resultierende Tiefgang solcher schwimmender Anlagen ist erheblich. Für geringere Wassertiefen wie beispielsweise in Fließgewässern sind solche Vorrichtung deshalb wenig geeignet. Bei zeitweise geringeren Wasserständen besteht auch die Gefahr des Bodenkontakts und daraus folgender Beschädigungen.

[0010] Es besteht ein allgemeines Bedürfnis nach Verbesserungen in diesem Gebiet.

Darstellung der Erfindung

[0011] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine schwimmfähige Kraftwerkeinheit der eingangs erwähnten Art zur Verfügung zu stellen, welche die oben erwähnten und andere Nachteile nicht aufweist. Insbesondere soll eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit schneller und kostengünstiger herstellbar und einfacher transportierbar und wartbar sein. Weiter soll eine solche Kraftwerkeinheit einfach an sich ändernde Bedingungen anpassbar sein.

[0012] Eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit soll dazu geeignet sein, Oberflächenströmungen in Gewässern, beispielsweise Gezeitenströmungen, aber auch Fließströmungen in Fließgewässern, für die Gewinnung von elektrischer Energie zu nutzen.

[0013] Eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit soll möglichst wartungsfreundlich und wartungsarm sein.

[0014] Der ökologische Effekt einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit soll möglichst klein sein.

[0015] Diese und andere Aufgaben werden gelöst durch eine erfindungsgemässe schwimmfähige Kraftwerkeinheit und ein erfindungsgemässes Verfahren gemäss den unabhängigen Ansprüchen. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen gehen ausserdem aus den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

[0016] Die erfindungsgemässe Lösung kann durch verschiedene, jeweils für sich vorteilhafte und, sofern nicht anders ausgeführt, beliebig miteinander kombinierbare Ausgestaltungen weiter verbessert werden. Auf diese Ausführungsformen und die mit ihnen verbundenen Vorteile ist im Folgenden eingegangen.

[0017] Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine schwimmfähige Kraftwerkeinheit zur Erzeugung von elektrischer Energie aus einer gerichteten Wasserströmung an der Oberfläche eines Gewässers. Die schwimmfähige Kraftwerkeinheit umfasst mindestens einen Schwimmkörper; mindestens eine Wasserkraftmaschine zum Antrieb eines Stromgenerators; eine durch den mindestens einen Schwimmkörper getragene Aufstauvorrichtung, mit welcher bei der in Bezug auf eine Oberflächen-Strömung eines Gewässers örtlich fixierten Kraftwerkeinheit anströmendes Wasser in Bezug auf einen lokalen Wasserspiegel des Gewässers nach oben leitbar und zu einer ersten stehenden Wasserwelle auf einer ersten Seite einer Bezugsebene senkrecht zur Strömungsrichtung aufstaubar ist; und eine erste Zuführvorrichtung zum Ableiten von Wasser aus der ersten stehenden Welle in die mindestens eine Wasserkraftmaschine.

[0018] Eine solche erfindungsgemässe schwimmfähige Kraftwerkeinheit ist dazu vorgesehen, auf einem Gewässer schwimmend ortsfest fixiert zu werden, beispielsweise durch geeignete Verankerungen auf dem Grund oder am Ufer des Gewässers. Die Kraftwerkeinheit wird für den erfindungsgemässen Betrieb in Bezug auf die Strömungsrichtung an der Oberfläche des Gewässers derart ausgerichtet, dass die Aufstauvorrichtung das anströmende Wasser an der Oberfläche zu einer stehenden Wellen aufstaut, deren Scheitelniveau über dem lokalen Wasserspiegel liegt. Die Aufstauvorrichtung setzt somit die kinetische Energie der Wasserströmung in potenzielle Energie in Form eines Druckgefälles zwischen Wellenberg und lokalem Wasserspiegel um.

[0019] Die stehende Welle stellt dabei ein dynamisches Gleichgewicht dar als Folge der Relativbewegung zwischen dem Wasserkörper und einem Hindernis in Form der Kraftwerkeinheit. Ein durchgehendes Sperrwerk ist hingegen nicht notwendig. Die potenzielle Energie des Wassers kann durch Ableiten aus Wasser aus der stehenden Welle in eine Wasserkraftmaschine wiederum in elektrische Energie umgewandelt werden.

[0020] Der von einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit erzeugte elektrische Strom wird über geeignete Leitungen und in geeigneter Form ins Netz geführt. Entsprechenden Technologien sind beispielsweise aus die Anwendung für Offshore-Windkraft-Anlagen bekannt.

[0021] Eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit kann bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten eingesetzt werden, beispielsweise von 0.5 m/s bis 5 m/s.

[0022] Die Bildung der stehenden Welle kann auch durch den Anstellwinkel der gesamten Aufstauvorrichtung beeinflusst werden, was beispielsweise durch eine Änderung der Wasserlage der Kraftwerkeinheit mit verstellbaren Schwimmkörpern erreicht werden. Auf diese wird weiter eingegangen.

[0023] Neben dem Volumenstrom, der zur Wasserkraftmaschine abgeleitet wird, kann ein Teil des Volumenstroms das Hindernis, welches die Kraftwerkeinheit darstellt, auch umfliessen, insbesondere über die Aufstauvorrichtung hinweg, im Sinne eines Überlaufs, oder seitlich oder unter der Kraftwerkeinheit vorbei.

[0024] Die Aufstauvorrichtung kann parallel zur Bezugsebene angeordnet sein. Sie kann jedoch auch in Bezug auf die Strömungsrichtung konkav oder konvex sein, wobei die konkrete Ausgestaltung vorteilhaft mit Blick auf eine möglichst grosse Fallhöhe optimiert ist.

[0025] Es ist auch möglich, mehrere erfindungsgemässe Kraftwerkeinheiten in Strömungsrichtung nebeneinander und/oder hintereinander in einem Gewässer anzuordnen, wobei auf ausreichenden Abstand geachtet werden muss, damit die einzelnen Kraftwerkeinheit sich nicht gegenseitig in ihrer Effektivität negativ beeinflussen. Dies ist insbesondere wichtig, weil es sich bei den stehenden Wellen um einen dynamische Effekt handelt. Ist beispielsweise eine Kraftwerkeinheit stromabwärts zu nahe hinter einer anderen Kraftwerkeinheit angeordnet, kann der resultierende Strömungsschatten der Kraftwerkeinheit stromaufwärts die stehende Welle in ihrer Höhe reduzieren.

[0026] Da zwischen Grund und Kraftwerkeinheit das Wasser frei passieren kann, ist der Einfluss auf die Ökologie wesentlich geringer als bei einem Stauwerk oder einer Anlage, welche auf dem Gewässergrund angeordnet wird. Die Fischfreundlichkeit einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit kann durch eine geeignete Wahl der Wasserkraftmaschine gewährleistet werden, beispielsweise durch grosse, langsam drehende Rotorflügel. Die Passage grösserer Tiere, aber auch von Treibgut, Holz oder Netzen kann durch Rechen vermindert werden.

[0027] Erfindungsgemässe schwimmfähige Kraftwerkeinheiten sind mobil, da keine fixen Installationen ausser gegebenenfalls Verankerungspunkte notwendig sind, und können bei Bedarf an andere Einsatzorte geschleppt werden. Für aufwendigere Wartungsarbeiten können erfindungsgemässe Kraftwerkeinheiten in einen Hafen oder ein Dock geschleppt werden.

[0028] Die Dimensionierung einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit kann je nach Einsatzgebiet gewählt werden. Für grössere Gewässer wie beispielsweise grössere Flüsse oder Standorte auf See mit starken Gezeitenströmungen sind Anlagen mit grösseren Dimensionen einsetzbar. Vorteilhaft ist die Grösse einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit so gewählt, dass sie in einem herkömmlichen Dock aufgebaut bzw. gewartet werden kann.

[0029] Um ein Umfliessen einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit durch die Wasserströmung zu erschweren, ist vorteilhaft die dem anströmenden Wasser zugewandte Frontseite möglichst breit ausgestaltet.

[0030] Dazu kann beispielsweise eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit durch reversible oder irreversible Kopplung von einzelnen schwimmfähigen Modulen erstellt werden. In einer einfachen Variante können beispielsweise Module in Längsrichtung (parallel zur Strömungsrichtung) miteinander vertäut werden, jedoch sind auch mechanische Kupplungen zur form- und/oder kraftschlüssigen Verbindung von Modulen zu einer Kraftwerkeinheit vorsehbar.

[0031] Eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit kann beispielsweise aus drei einzelnen Kraftwerkeinheiten mit einer Breite von je 12-14 m, einer Höhe von 4-6 m und einer Länge von 40-60 m aufgebaut werden. Die Gesamtbreite der Frontseite der gesamten Kraftwerkeinheit ist vorteilhaft fünf bis sechs Mal die Höhe der Kraftwerkeinheit.

[0032] In einem anderen Dimensionierungsbeispiel beträgt die Breite einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit 30m, die Länge 40 m und der Tiefgang 12-15 m.

[0033] Die einzelnen Module können als eigenständige erfindungsgemässe Kraftwerkeinheiten ausgestaltet sein. Durch Kopplung mehrerer einzelner Kraftwerkeinheiten kann so die Grösse einer gesamten Kraftwerkeinheit skaliert werden.

[0034] Vorteilhaft ist bei einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit die Aufstauvorrichtung im Wesentlichen spiegelsymmetrisch aufgebaut, so dass bei einer Umkehrung der Strömungsrichtung der Oberflächen-Strömung des Gewässers aus einer entgegengesetzten Strömungsrichtung anströmendes Wasser mit der Aufstauvorrichtung in Bezug auf den lokalen Wasserspiegel des Gewässers nach oben leitbar und zu einer zweiten stehenden Wasserwelle auf einer zweiten Seite der Bezugsebene aufstaubar ist. Eine zweite Zuführvorrichtung ist vorgesehen zum Ableiten von Wasser aus der zweiten stehenden Welle in die mindestens eine Wasserkraftmaschine.

[0035] Eine solche vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit hat den Vorteil, dass bei einer Umkehrung der Strömungsrichtung um 180° die Kraftwerkeinheit weiterhin betriebsfähig bleibt, ohne dass die Orientierung der Kraftwerkeinheit in Bezug auf die Strömungsrichtung geändert werden muss. Eine Umkehrung der Strömungsrichtung tritt bei Gezeitenströmungen auf, viermal innerhalb von ca. 25 Stunden. Gezeitenströmungen können auch in Flüssen in Meeresnähe auftreten, wo sie sich mit der Strömungsrichtung des Flusses überlagern und diese vorübergehend auch umkehren können. Beim Wechsel der Strömungsrichtung kann die erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit zwischen zwei entsprechenden Betriebsmodi umgestellt werden. Darauf wird untenstehend noch eingegangen.

[0036] Alternativ kann eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit auch so im Gewässer fixiert werden, dass sie sich automatisch in der Strömungsrichtung ausrichtet. In einem solchen Fall muss sie sich jedoch um einen einzelnen Fixationspunkt drehen können, was beispielsweise mit einer einzelnen Verankerung auf dem Gewässergrund möglich ist. Der Platzbedarf ist bei einer solchen Lösung grösser, da sichergestellt werden muss, dass eine Kraftwerkeinheit bei der Positions- und Orientierungsänderung mit keinem Hindernis kollidieren kann.

[0037] Vorteilhaft weist die Aufstauvorrichtung einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit eine auf einer dem Gewässer entgegengesetzten Oberseite der Kraftwerkeinheit angeordnete Barriere zum Aufstauen des anströmenden Wassers auf.

[0038] Eine solche Barriere, im einfachsten Fall eine Wand parallel zur Bezugsebene senkrecht zu Strömungsrichtung, welche auf der Oberseite der Kraftwerkeinheit angeordnet ist, bildet ein Hindernis für dagegen anströmendes Oberflächenwasser, was zu einer stehenden Welle führt.

[0039] Ebenfalls ist es vorteilhaft, wenn die Aufstauvorrichtung einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit mindestens ein auf einer dem Gewässer entgegengesetzten Oberseite der Kraftwerkeinheit angeordnetes Leitelement aufweist, mit welchem anströmendes Wasser zur Barriere führbar ist.

[0040] Ein solches Leitelement kann beispielsweise als senkrechte Wandung parallel zur Strömungsrichtung ausgestaltet sein, welche ein Ausweichen des anströmenden Wassers quer zur Strömungsrichtung verhindert oder reduziert. Zum Beispiel können stromaufwärts zu einer Barriere einer Aufstauvorrichtung auf beiden Seiten der Barriere zwei Leitwände angeordnet sein, welche ein Umfliessen der Barriere verhindern.

[0041] In einer anderen vorteilhaften Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit weist die Aufstauvorrichtung eine auf einer dem Gewässer entgegengesetzten Oberseite der Kraftwerkeinheit angeordnete Rampe auf.

[0042] Eine solche in Strömungsrichtung ansteigende Rampe kann das anströmende Wasser entgegen der Schwerkraft nach oben leiten, und so dessen kinetische Energie in potenzielle Energie umwandeln. Funktionell kann eine solche Rampe sowohl als Teil einer Barriere der Aufstauvorrichtung betrachtet werden, als auch als Leitelement.

[0043] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit weist die Aufstauvorrichtung eine auf einer dem Gewässer entgegengesetzten Oberseite der Kraftwerkeinheit angeordnete Rampe auf, die seitlich von je einer senkrechten Leitwand begrenzt ist.

[0044] Der Steigungswinkel der Rampe beträgt in Bezug auf die Waagrechte vorteilhaft am Beginn der Rampe, an der Frontseite der Kraftwerkeinheit, 0° und liegt im operativen Betrieb unterhalb der Wasserlinie. Die Steigung der Rampe nimmt dann stetig zu bis 45°, und überschreitet die Wasserlinie, so dass schlussendlich die Rampe zu Barriere wird.

[0045] Die Rampe und die seitlichen Leitwände bilden so einen Kanal in Strömungsrichtung, in welchen das anströmende Wasser eintritt. Ohne sich an die folgende Erklärung binden zu wollen, steigt im Kanal mit ansteigender Rampe die Dicke der turbulenten Strömung im Wasserstrom an den Oberflächen des Kanals (der Rampe und den Seitenwänden), was für

nachströmendes Wasser das Kanalvolumen zusätzlich verkleinert und das Wasser nach oben ausweichen lässt. Schlussendlich kommt das anströmende in der stehenden Welle zum Stillstand, wobei auch Brandungseffekte auftreten können.

[0046] An der Frontfläche des Kanals kann ein Rechen angeordnet sein, um zu verhindern, dass grössere Objekte überhaupt erst in den Kanal geraten.

[0047] Wenn der Scheitelpunkt der stehenden Welle über dem Scheitelpunkt der Barriere liegt, so fliesst ein Teil des Wassers der stehenden Welle über die Barriere hinweg ab. Dies begrenzt zum einen die Höhe der stehenden Welle auf einen maximalen Betriebswert, und hat zum anderen den Vorteil, dass schwimmende Fremdkörper im günstigsten Fall über die Barriere hinweg geschwemmt können.

[0048] In einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit weist vorteilhaft die Zuführvorrichtung ein Zufuhrrohr auf, welches von einer Öffnung in der Aufstauvorrichtung zu der mindestens einen Wasserkraftmaschine verläuft.

[0049] In der stehenden Welle angestautes Wasser kann so aus der stehenden Welle entnommen und zur Wasserkraftmaschine geleitet werden, wo die aus der Fallhöhe zwischen dem Scheitelniveau der stehenden Welle und der Wasserkraftmaschine resultierende potenzielle Energie des Wassers in kinetische Energie umgesetzt wird.

[0050] Die Öffnung, durch welche das Wasser aus der stehenden Welle in das Zufuhrrohr abfließt, ist vorzugsweise mit einem Rechen versehen, um das Eindringen von Fremdkörpern in die Wasserkraftmaschine zu verhindern.

[0051] Die mindestens eine Wasserkraftmaschine einer Kraftwerkeinheit ist vorteilhaft eine Kaplan-Turbine oder eine Kaplan-ähnliche Turbine.

[0052] Kaplan-Turbinen und Kaplan-ähnliche Turbinen bieten den Vorteil, dass sie auch bei vergleichsweise niedrigen Fallhöhen, wie sie beispielsweise bei Flusskraftwerken auftreten, effizient arbeiten können und an schwankende Betriebsparameter wie Fallhöhe oder Durchflussmenge angepasst werden können. Dies ist bei einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit von Vorteil, da insbesondere bei Gezeiten-Strömungen starke Schwankungen über den Tagesverlauf auftreten.

[0053] Kaplan-Turbinen wandeln potenzielle Energie in Form des Wasserdrucks in kinetische Energie des Rotors um. Kaplan-Turbinen haben verstellbare (drehbare) Rotoren-Flügel, so dass die Turbine bei schwankenden Durchflussmengen bei optimaler Effizienz arbeiten und/oder mit konstanter Drehzahl laufen kann, was insbesondere eine Direkteinspeisung ins Stromnetz ermöglicht. Es existieren auch Varianten von Kaplan-Turbinen, bei welchen die Rotoren-Flügel nicht verstellbar sind, wobei eine Anpassung an die Durchflussmenge in diesem Fall mit einer Änderung der Drehzahl erreichbar ist, jedoch für die Netzeinspeisung der erzeugten elektrischen Energie einen Wechselstrom-Umrichter notwendig macht. Ebenfalls möglich ist bei den vorgenannten Kaplan-Turbinen die zusätzliche Steuerung der nicht rotierenden Leitschaufeln, um die Turbine an schwankende Betriebsparameter anzupassen.

[0054] Die VLH (Very Low Head) Turbine, wie sie aus US 2007/286715 A1 bekannt ist, ist eine Kaplan-ähnliche Turbine, welche besonders für niedrige Fallhöhen geeignet ist und eine tiefe Drehfrequenz aufweist, was die Turbine für Fische leichter passierbar macht. Die Regelung des Durchflusses und die Optimierung des Wirkungsgrads erfolgen über die Einstellung der Rotoren-Flügel und die Regelung der Drehfrequenz. Der Generator ist platzsparend im Inneren des Laufrades angeordnet.

[0055] Anstatt von Turbinen des Kaplan-Typs können auch andere Wasserkraftmaschinen eingesetzt werden, welche bei vergleichsweise niedrigen Fallhöhen effizient arbeiten können, beispielsweise Querstrom-Turbinen wie in DE 605291 erstmals offenbart, oder Schneckenantrieb-Wasserkraftmaschinen wie in DE 4139134 A1 offenbart.

[0056] In einer vorteilhaften Form einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit ist stromabwärts von der Turbine ein Rohr angeordnet, mit welchem das Wasser nach dem Passieren der Turbine wegführbar ist.

[0057] Beispielsweise kann das aus der Wasserkraftmaschine austretende Wasser über das genannte Rohr unterhalb der Wasserlinie wieder in das Gewässer eingeleitet werden, was die Geräuschentwicklung minimiert.

[0058] In einer weiteren vorteilhaften Form einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit ist stromabwärts von der Wasserkraftmaschine ein Saugrohr angeordnet, welches sich unterhalb des Wasserspiegels zum Gewässer hin öffnet.

[0059] Insbesondere bei Turbinen des Kaplan-Typs dienen solche Saugrohre als Diffusor dazu, Restenergie des Wassers abzubauen, um Schäden an der Anlage, beispielsweise aufgrund von Kavitation, zu verhindern. Weiter soll auch ein Zurückfließen von Wasser verhindert werden.

[0060] Eine erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit kann einen oder mehrere Schwimmkörper umfassen, wobei unter einem Schwimmkörper im Rahmen dieser Beschreibung jedes statische Auftrieb generierende Element verstanden wird, insbesondere sowohl nicht geschlossene Rumpfe als auch druckdicht geschlossene Hohlkörper.

[0061] In einer vorteilhaften Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit ist eine Vorrichtung vorgesehen, mit welcher ein Schwimmkörper in Bezug auf die Aufstauvorrichtung bewegt werden kann.

[0062] Eine solche Ausführungsform einer Kraftwerkeinheit erlaubt es, die Anordnung der Aufstauvorrichtung in Bezug auf die Wasserlinie zu ändern. So können beispielsweise Schwimmkörper vorgesehen sein, die mit einem geeigneten Antrieb gegenüber einer Hauptstruktur der Kraftwerkeinheit, die auch die Aufstauvorrichtung umfasst, verschoben oder verdreht werden, um so den Auftrieb der Kraftwerkeinheit zu erhöhen oder zu erniedrigen.

[0063] Es können auch mehrere Schwimmkörper vorgesehen sein, die so angeordnet sind, dass sie bei separater Betätigung nicht nur ein Anheben und Absenken der gesamten Kraftwerkeinheit in Bezug auf die Wasserlinie erlauben, sondern auch eine Verkipfung.

[0064] Ebenfalls vorgesehen werden können Ballasttanks, welche durch gezieltes Fluten und Entleeren eine Kontrolle des Auftriebs der Kraftwerkeinheit ermöglichen. Da die Betätigung solcher Ballasttanks aufwendiger und langsamer ist, sind sie vor allem für eine langfristige Lageoptimierung geeignet.

[0065] Eine adaptive Anpassung der Wasserlage kann eingesetzt werden, um das sich ändernde Gewicht der stehenden Welle auf der Oberseite der Kraftwerkeinheit auszugleichen, ebenso wie einen sich verschiebenden Masseschwerpunkt.

[0066] Eine adaptive Anpassung der Wasserlage kann weiter auch eingesetzt werden, um bei ungünstigen Wetterbedingungen wie beispielsweise einem Sturm eine Kraftwerkeinheit in einen gesicherten Zustand zu bringen, indem beispielsweise der Auftrieb vorübergehend maximiert wird.

[0067] Es können auch dynamische Antriebselemente vorgesehen sein, um die Wasserlage einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit einzustellen und zu steuern, insbesondere waagrechte Auftriebs- oder Abtriebsflügel, vorteilhaft mit einstellbarem Anstellwinkel oder anderen Betriebsparametern.

[0068] Steuerruder als passive Stueerelemente aber auch aktive Stueerelemente wie Schraubenantriebe oder Antriebsdüsen können vorgesehen werden, um die Ausrichtung einer schwimmfähigen Kraftwerkeinheit in Bezug auf die Strömungsrichtung einzustellen und zu steuern.

[0069] Vorteilhaft ist in einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit eine erste Vorrichtung vorgesehen, mit welcher die Wasserkraftmaschine wechselweise mit einem ersten Zufuhrrohr und einem zweiten Zufuhrrohr fluidisch verbindbar ist.

[0070] Eine solche Ausführungsform erlaubt es, zwei verschiedene Betriebsmodi einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit vorzusehen, in welchen die Wasserkraftmaschine das zu ihrem Antrieb notwendige druckbeaufschlagte Wasser wahlweise von zwei verschiedenen Quellen bezieht. So kann beispielsweise bei einer Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit, welche eine symmetrische Aufstauvorrichtung aufweist, bei einer Änderung der Gezeitenströmung um 180° und einem daraus folgenden Wegfall der ersten stehenden Welle auf der einen Seite der Aufstauvorrichtung und der Bildung einer zweiten stehenden Welle auf der anderen Seite der Aufstauvorrichtung die Zufuhr für die Wasserkraftmaschine umgestellt werden, so dass Wasser anstatt aus der nicht mehr vorhandenen ersten stehenden Welle aus der zweiten stehenden Welle in die Wasserkraftmaschine abgeleitet werden kann.

[0071] Ebenfalls vorteilhaft ist in einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit eine zweite Vorrichtung vorgesehen, mit welcher die Wasserkraftmaschine wechselweise mit einem ersten stromabwärts zur Turbine angeordneten Rohr und einem zweiten stromabwärts zur Turbine angeordneten Rohr fluidisch verbindbar ist.

[0072] Auch eine solche Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit ist besonders vorteilhaft, wenn die Kraftwerkeinheit von einem Betriebsmodus mit einer ersten stehenden Welle umgestellt werden muss auf einen Betriebsmodus mit einer zweiten stehenden Welle. Um einen problemlosen Abfluss des aus der Wasserkraftmaschine austretenden Wassers zu ermöglichen, wird vorteilhaft auch die Abfuhrichtung des Wassers, in der Regel stromabwärts, um 180° geändert. Dies kann mit einem umschaltbaren abgehenden Rohr erreicht werden.

[0073] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie aus einer gerichteten Wasserströmung an der Oberfläche eines Gewässers. Ein solches Verfahren umfasst das Bereitstellen einer von mindestens einem Schwimmkörper getragenen Aufstauvorrichtung, welche in Bezug auf eine Oberflächen-Strömung eines Gewässers örtlich fixiert ist. Anströmendes Wasser wird von der Aufstauvorrichtung in Bezug auf einen lokalen Wasserspiegel des Gewässers nach oben geleitet und zu einer stehenden Wasserwelle angestaut. Wasser aus der stehenden Wasserwelle wird in eine Wasserkraftmaschine abgeleitet. Mit einem von der Wasserkraftmaschine angetriebenen Stromgenerator wird elektrische Energie erzeugt.

[0074] Vorteilhaft wird das erfindungsgemässe Verfahren mit einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit durchgeführt.

[0075] Weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0076] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend auf die Zeichnungen Bezug genommen. Diese zeigen lediglich Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstands, und sind nicht dazu geeignet, die Erfindung auf die hierin offenbarten Merkmale zu beschränken.

[0077] Für gleiche oder gleich wirkende Teile werden in den nachfolgenden Figuren und der dazugehörigen Beschreibung gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet.

Figur 1 zeigt schematisch in einem Längsschnitt eine vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit.

Figur 2 zeigt schematisch eine Frontansicht der erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit aus Figur 1, mit Blick von der Richtung des anströmenden Wassers her.

Figur 3 zeigt schematisch in einem Längsschnitt eine andere vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit, mit einem im Wesentlichen symmetrischen Aufbau der Aufstauvorrichtung.

Figur 4 zeigt schematisch in einem Längsschnitt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit, mit einem im Wesentlichen symmetrischen Aufbau der Aufstauvorrichtung.

Figur 5 zeigt schematisch eine vorteilhafte umschaltbare Wasser-Zufuhrvorrichtung für eine senkrechte Kaplan-Turbine, (a) in einem Querschnitt, und (b) in einem Schnitt durch die horizontale Schnittebene A-A.

Figur 6 zeigt schematisch eine vorteilhafte umschaltbare Wasser-Abfuhrvorrichtung für eine Wasserkraftmaschine, (a) in einem Querschnitt, und (b) in einer Aufsicht.

Ausführung der Erfindung

[0078] Eine vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit 10 ist in den Figuren 1 und 2 schematisch dargestellt. Die Kraftwerkeinheit 10 ist in einem Gewässer 90 schwimmend ortsfest fixiert. Die entsprechenden Fixierungsmittel sind nicht dargestellt, jedoch können die bekannten Mittel zur Verankerung von Schwimmkörpern angewandt werden. Möglich ist beispielsweise eine Fixierung an vier Punkten der Kraftwerkeinheit, die über Ankerketten mit Verankerungselementen am Grund des Gewässers verbunden sind.

[0079] Die Kraftwerkeinheit 10 ist mit ihrer Längsachse parallel zur Strömungsrichtung 92a der Oberflächen-Wasserströmung 91 des Gewässers angeordnet.

[0080] Auf einem ersten kastenförmigen Schwimmkörper 20 auf der dem Gewässer 90 zugewandten Unterseite 13 der Kraftwerkeinheit 10 ist eine Aufstauvorrichtung 70 aufgebaut. Der im den Figuren rein schematisch gezeigte Schwimmkörper muss so dimensioniert werden, dass die Wasserlage der Kraftwerkeinheit stimmt, gegebenenfalls im Zusammenspiel mit weiteren Schwimmkörpern 20', 20".

[0081] Zwei zusätzliche Schwimmkörper 20', 20" sind seitlich entlang der Längsachse der Kraftwerkeinheit angeordnet. Durch nicht dargestellte Vorrichtungen können die Schwimmkörper 20', 20" in Bezug auf die restliche Kraftwerkeinheit abgesenkt oder angehoben werden, was entsprechend den Gesamtauftrieb der Kraftwerkeinheit verändert. Möglich ist beispielsweise eine Betätigung mittels hydraulischen Aktuatoren oder über Kettenantriebe.

[0082] Die Aufstauvorrichtung 70 umfasst eine Rampe 73a, welche an der Bugseite 13a mit einer Steigung von 0° beginnt und stromabwärts steiler wird, bis Sie in eine Barriere 71 übergeht. Vier senkrechte Leitwände 72a bilden zusammen mit der Rampe 73a drei Kanäle, durch welche das von der Bugseite 13a einströmende Wasser 98 stromabwärts gelenkt wird. Die Leitwände 72a verhindern im Bereich der stehenden Welle ein seitliches Abfließen des Wassers, so dass die erreichbare Stauhöhe grösser ist.

[0083] Die Barriere 71 verläuft parallel zu einer virtuellen Bezugsebene 14 senkrecht zur Längsachse der Kraftwerkeinheit bzw. der Strömungsrichtung 92a der Oberflächen-Wasserströmung 91.

[0084] Zu Beginn sind die Kanäle der Aufstauvorrichtung unterhalb der Wasserlinie 96, steigen dann aber stromabwärts stetig an, so dass die Wasserströmung 98 aufgrund ihrer kinetischen Energie entgegen der Schwerkraft nach oben über die Wasserlinie 96 hinaus gelenkt wird. Dabei nimmt die Geschwindigkeit der Wasserströmung 98 stetig ab, bis schliesslich das Wasser in der stehenden Welle 94a zu Stillstand kommt. Wenn die Scheitelhöhe 95a der stehenden Welle 94a die Höhe der Barriere 71 erreicht, fliesst ein Teil des Wassers weiter über die Barriere ab.

[0085] Je nach Geometrie der Barriere und Strömungsgeschwindigkeit kann es gegebenenfalls zu Brandungseffekten kommen, wenn ein Teil des Wassers aufgrund geometrischer Zwänge zurückfliessen muss und so die stehende Welle bricht. Das Brechen der stehenden Welle ist energetisch unvorteilhaft, da dabei ein Teil der potenziellen Energie der stehenden Welle in Wärmeenergie umgesetzt wird und so für die Energiegewinnung verloren ist. Die Geometrie und die anderen Parameter der Kraftwerkeinheit werden deshalb vorteilhaft so gewählt, dass ein Brechen möglichst vermieden werden kann.

[0086] In der Barriere 71 sind mit Rechen 47 abgedeckte Öffnungen 74a angeordnet, durch welche Wasser aus der stehenden Welle 94a in einen Schacht 43a einer Zufuhrvorrichtung 42a abfliessen kann, welche das Wasser zu einer Wasserkraftmaschine in Form einer Kaplan-Turbine 40 leitet. Der in Drehung versetzte Rotor der Turbine treibt wiederum einen Generator 41 an, welcher elektrische Energie erzeugt. Stromabwärts zur Turbine 40 ist ein Saugrohr 44a angeordnet, welches Restenergie des Wassers abbaut und sich auf der Heckseite 13b zu Gewässer hin öffnet 55a.

[0087] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Kraftwerkeinheit einteilig aufgebaut. Alternativ wäre auch denkbar, drei separate Module entlang der Längsachse aneinander zu koppeln.

[0088] Die Formgebung der Kraftwerkeinheit wird vorteilhaft so gewählt, dass der Strömungswiderstand und die Wirbelbildung möglichst gering ist, so dass die Fixierungsmittel, mit welchen die Kraftwerkeinheit in der Wasserströmung fixiert ist, minimal dimensioniert werden können.

[0089] Die vorangehend diskutierte Kraftwerkeinheit ist vor allem für die Energiegewinnung in Flüssen geeignet, bei welchen keine Gezeiten auftreten, die Strömungsrichtung also dauerhaft gleich bleibt.

[0090] Für Einsatzgebiete, in welchen die Strömungsrichtung regelmässig wechselt, also zur Nutzung von Gezeitenströmungen, aber auch in Flüssen mit Gezeiteinfluss, ist ein symmetrischer Aufbau der Aufstauvorrichtung vorteilhaft. Eine solche Ausführungsform einer erfindungsgemässen Kraftwerkeinheit ist in Figur 3 schematisch dargestellt.

[0091] Die Aufstauvorrichtung 70 mit Rampe, Leitwänden und Barriere ist ähnlich zum Beispiel aus den Figuren 1 und 2 realisiert, jedoch in Bezug auf die Ebene 14 spiegelbildlich aufgebaut.

[0092] In Figur 3 befindet sich die Kraftwerkeinheit in einem ersten Betriebsmodus, in welchem v_0 die Strömungsrichtung 92a von links nach rechts verläuft. Es bildet sich auf einer ersten Seite 15a der Aufstauvorrichtung 70 eine erste stehende Welle 94a. Wasser 98 fliesst aus der ersten stehenden Welle 94a durch eine erste Öffnung 74a in der Barriere in ein erstes Zuführrohr 43a einer Zuführvorrichtung, welche das Wasser in eine Wasserkraftmaschine in Form einer senkrecht angeordneten Kaplan-Turbine 40 leitet. Das aus der Turbine austretende Wasser fliesst über ein erstes Saugrohr 44a ab, welches sich durch eine Öffnung in der Barriere stromabwärts zur Heckseite 13b hin entleert.

[0093] Aufgrund des symmetrischen Aufbaus ist auch auf der Barriere stromabwärts eine Öffnung 74b angeordnet. Von dieser zweiten Öffnung 74b führt ein zweites Zuführrohr 43b zur Turbine 40. Stromabwärts zur Turbine führt wiederum ein zweites Saugrohr 44b zu einer Öffnung in der stromaufwärts gelegenen Barriere. Da im ersten Betriebsmodus das zweite Zuführrohr 43a und das zweite Saugrohr 44a keine Funktion haben, sind Umschaltvorrichtungen 45, 46 vorgesehen, welche das zweite Zuführrohr 43b und das zweite Saugrohr 44b im gezeigten ersten Betriebsmodus deaktivieren, bzw. im zweiten Betriebsmodus das erste Zuführrohr 43a und das erste Saugrohr 44a deaktivieren. Im gezeigten Beispiel sind diese Umschaltvorrichtungen durch geeignet platzierte plattenförmige Schieber 48, 49 realisiert, welche zur Deaktivierung des Zuführrohres bzw. Saugrohres geschlossen werden können.

[0094] Wenn die Strömungsrichtung der Oberflächen-Wasserströmung 91 von 92a um 180° auf 92b dreht, so geschieht dies nicht plötzlich, sondern zu einem vorbekannten Zeitpunkt. Durch Schliessen aller Schieber 48, 49 wird der erste Betriebsmodus beendet und die Wasserkraftmaschine vorübergehend deaktiviert. Nachdem die erste stehende Welle 94a abgeflossen ist und sich die zweite stehende Welle 94 auf der zweiten Seite 15b gebildet hat, werden die Schieber 48, 49 für das zweite Zuführrohr 43b und das zweite Saugrohr 44b geöffnet, während nun das erste Zuführrohr 43a und das erste Saugrohr 44a bei geschlossenem Schieber 48 bzw. 49 deaktiviert bleiben. Die Kraftwerkeinheit ist nun im zweiten Betriebsmodus.

[0095] Anstatt bei Umschalten alle Schieber zu schliessen können auch die Schieber von einem oder beiden Schieberpaaren 48, 49 beide geöffnet sein. Die Sequenz der Schieberöffnungen und Schieberschliessungen muss bei einem Wechseln von dem einen Betriebsmodus in den anderen Betriebsmodus so gewählt sein, dass eine Beschädigung der Anlage, insbesondere der Wasserkraftmaschine, nicht möglich ist, beispielsweise durch unerwünschte Rückflüsse oder durch Unterdruckbildung.

[0096] Die gezeigte Realisierung der Umschaltvorrichtungen 45, 46 für die Wasserzufuhr und Wasserabfuhr der Wasserkraftmaschine mittels plattenförmigen Schiebern 48, 49 ist einfach zu realisieren, jedoch strömungstechnisch nicht besonders ideal. Vorteilhaftere Ausführungsmöglichkeiten für Umschaltvorrichtungen 45, 46 werden untenstehend in den Figuren 5 und 6 beschrieben.

[0097] Figur 4 zeigt eine weitere erfindungsgemässe Kraftwerkeinheit mit im Wesentlichen symmetrischen Aufbau der Aufstauvorrichtung. Die Kraftwerkeinheit befindet sich in einem ersten Betriebsmodus, in welchem die Strömungsrichtung 92a von links nach rechts verläuft. Auf der ersten Seite 15a der Aufstauvorrichtung 70 bildet sich eine erste stehende Welle 94a, aus der Wasser 98 durch eine erste Öffnung 74a in der Barriere in ein erstes Zuführrohr 43a einer Zuführvorrichtung fliesst. Die Wasserkraftmaschine 40 ist wiederum eine senkrecht angeordneten Kaplan-Turbine.

[0098] Die Bildung der stehenden Welle 94a wird durch eine schwenkbare erste Stauklappe 75a gesteuert. Eine zweite schwenkbare Stauklappe 75b befindet sich in der Ruhestellung. Die erste Schwenklappe 75a wird durch eine Aktuatorvorrichtung vorteilhaft soweit aus der horizontalen Ruhestellung nach oben geschwenkt, dass bei gegebener Abflussmenge in die Zuführvorrichtung 43a die Höhe der stehenden Welle so hoch als möglich ist, ohne dass die stehende Welle bricht. Dies hat zur Folge, dass der statische Wasserdruck am Eingang der Wasserkraftmaschine 40 maximal wird. Das Vermeiden des Brechens der stehenden Welle wiederum vermeidet einen Energieverlust durch Umwandlung von potentieller Energie in nicht nutzbare Wärmeenergie. Ein kleiner Teil des Wassers der stehenden Welle fliesst über die Stauklappe hinweg und auf der gegenüberliegenden Seite der Aufstauvorrichtung 70 die Rampe 73b hinunter, wo der entsprechende Wasserstrom ins Heckwasser 97 fliesst.

[0099] Die Stauklappen 75a, 75b können als Platten realisiert werden, oder alternativ in Form einer Gitterstruktur oder einer Platte mit Durchgangsöffnungen oder Schlitzten, beispielsweise horizontalen oder vertikalen Schlitzten. Es können auch eine Mehrzahl von in geringem Abstand zueinander angeordnete Stangen als Stauklappe verwendet werden. Die

Verwendung von solchen gitterähnlichen Stauklappen hat den Vorteil, dass die Stauklappe das in Strömungsrichtung vorwärts fließende Wasser nicht vollständig abbremst, sondern stattdessen der Durchflusswiderstand erhöht. Dies führt ebenfalls zu einer Stauwirkung, wobei gleichzeitig die über die Stauvorrichtung fließende Wassermenge und/oder deren Geschwindigkeit grösser ist. Dies kann vorteilhaft sein in Bezug auf das Verhindern des Brechens der stehenden Welle. Die restliche Fließgeschwindigkeit in der stehenden Welle und der daraus resultierende Staudruck kann zudem die Energieeffizienz der Anlage weiter erhöhen.

[0100] Unterhalb der Turbine ist eine zweite Umschaltvorrichtung 46 in Form eines senkrecht rotierbaren Ventilkörpers 53 angeordnet. Das Funktionsprinzip dieses Zwei-Wege-Ventils ist dabei analog zu der Umschaltvorrichtung wie sie in Figur 6 im Detail beschrieben wird.

[0101] Das aus der Turbine austretende Wasser fließt über ein erstes Saugrohr 44a ab, das sich zur Heckseite 13b hin ins Heckwasser entleert. Das Saugrohr 44a verläuft bei der gezeigten Ausführungsform der erfindungsgemässen Kraftwerkseinheit 10 innerhalb des unteren Schwimmkörpers 20. Es resultiert eine tiefer liegende Ausgangsöffnung 55a des Saugrohrs, welche ganz am Ende des Schwimmkörpers knapp unterhalb des Niveau 97 des Heckwassers angeordnet ist. Das aus dem ersten Saugrohr 44a austretende Wasser aufgrund des negativen dynamischen Drucks im Heckwasser angesogen, was die Energieeffizienz weiter erhöht.

[0102] Das zweite Saugrohr 44b ist symmetrisch angeordnet, und öffnet sich zur Bugseite 13a hin. Im gezeigten Beispiel ist die Öffnung 55b des zweiten Saugrohres 44b zur Strömung 92a hin offen. Dies hat an sich keinen Einfluss auf den Betrieb der Wasserkraftmaschine 40, da durch die Umschaltvorrichtung 46 das Saugrohr 44b geschlossen ist. Um den Strömungswiderstand der gesamten Kraftwerkseinheit zu optimieren, kann die Öffnung jedoch durch eine geeignete Verschlussvorrichtung abgedeckt sein. Das Eindringen von Fremdkörpern in das zweite Saugrohr ist hingegen wenig problematisch, da beim Umschalten des Betriebsmodus solche Fremdkörper einfach wieder aus dem Saugrohr gespült werden.

[0103] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Länge des Heckwassers 97, also der Zone des tieferen lokalen Wasserspiegels stromabwärts aufgrund der Wasserverdrängung der in der Strömung fixierten Kraftwerkseinheit, länger als in den vorgenannten Beispielen, und beträgt beispielsweise 1/3 der Länge der Kraftwerkseinheit. Ein möglichst tiefer lokaler Wasserstand im Heckwasser erlaubt es, die negative Druckdifferenz zwischen dem Ausgang der Turbine 40 und der Öffnung 55a des Saugrohrs 44b ins Heckwasser zu maximieren, was die Effizienz der Wasserkraftmaschine erhöht.

[0104] Vorteilhaft wird die Position der Turbine 40 in Bezug auf die Höhe der Einlauföffnung 74a, 74b und die Höhe des Ausgangs 55a, 55b des Saugrohres 44a, 44b so gewählt, dass die Fallhöhe des einfließenden Wasser ausreichend ist für den Betrieb der Turbine, und gleichzeitig die Fallhöhe zwischen dem Turbinenausgang und dem Saugrohrausgang 55a, 55b maximal.

[0105] Eine vorteilhafte Umschaltvorrichtung 45 für die Wasserzufuhr einer senkrecht angeordneten Kaplan-Turbine 70 in einer erfindungsgemässen Kraftwerkseinheit ist in Figur 5 dargestellt. Eine ringförmige Kammer 52 dient dazu, dem zufließenden Wasser vor dem Passieren der Leitschaufeln 51 einen passenden Drall zu versetzen. Das erste Zuführrohr 43a und das zweite Zuführrohr 43b sind so ausgerichtet, dass das in die Kammer 52 eintretende Wasser in der richtigen Richtung herum fließt. Ein halbkreisförmiger Schieber 48 verschliesst das erste Zuführrohr 43a, während Wasser aus dem zweiten Zuführrohr 43b in die Kammer fließen kann. Die Anlage befindet sich in Figur 5 also im zweiten Betriebsmodus.

[0106] Der Schieber bildet mit dem in Figur 5(b) unten liegenden Wandabschnitt der ringförmigen Kammer 52 eine bündige äussere Wand ohne vorstehende Strukturen.

[0107] Zum Umschalten vom zweiten Betriebszustand in den ersten Betriebsmodus wird der bogenförmige Schieber 48 um die Rotationssymmetrie-Achse der ringförmigen Kammer 52 Achse gedreht, welche hier mit der Längsachse der Turbine zusammenfällt. In der gestrichelt dargestellten Schlussposition des Schiebers 48 ist dann das zweite Zuführrohr 43b verschlossen, während das Wasser aus dem ersten Zuführrohr 43a in die Kammer 52 fließen kann.

[0108] Mit der gezeigten Umschaltvorrichtung ist ein gleichzeitiges Verschliessen beider Zuführrohre 43a, 43b nicht möglich. Dazu wären zwei separate Schieber notwendig. Jedoch ist ein gleichzeitiges Schliessen gar nicht notwendig. Ein gemeinsamer Schieber ist zudem einfacher aufgebaut, da nur ein Aktuator notwendig ist. Separate Schieber wiederum wären strömungstechnisch weniger optimal, da in der äusseren Wand der Kammer 52 hervorstehende Kanten resultieren würden, welche die Effizienz der Wasserkraftmaschine senken.

[0109] Eine vorteilhafte Umschaltvorrichtung 46 für die wahlweise Umleitung des aus einer Wasserkraftmaschine einer erfindungsgemässen Kraftwerkseinheit, beispielsweise einer senkrecht angeordneten Kaplan-Turbine, austretenden Wasserflusses ist in Figur 6 dargestellt.

[0110] Die Umschaltvorrichtung 46 funktioniert nach dem Prinzip des Zweiwegeventils. Ein Saugrohr 44 führt das abfließende Wasser von der stromaufwärts gelegenen Wasserkraftmaschine zur Umschaltvorrichtung 46, welche das Saugrohr 44 durch Drehen eines zylinderförmigen Ventilkörpers 53 um 180° wahlweise mit einem ersten nachgeschalteten Saugrohr 44a und einem zweiten nachgeschalteten Saugrohr 44b fluidisch verbinden kann.

[0111] Der Ventilkörper 53 ist im gezeigten Beispiel als gekrümmte Bohrung in einem zylindrischen massiven Block realisiert. In einer kostengünstigeren Ausführungsform ist ein geeignet geformter gekrümmter Rohrabchnitt in einer drehbar gelagerten Stützstruktur montiert.

[0112] Eine Abdichtung der Verbindungen zwischen den Saugrohren 44, 44a, 44b und dem Ventilkörper 53 kann beispielsweise durch Labyrinthdichtungen erreicht werden.

[0113] Das gezeigte Ausführungsbeispiel kann alternativ durch eine Drehung des Ventilkörpers um nur 90° auch in eine geschlossene Konfiguration gebracht werden, in welcher die drei Saugrohre 44, 44a, 44b fluidisch getrennt sind.

[0114] Die Umschaltvorrichtung 46 aus Figur 6 kann auch zum Umschalten zwischen zwei Zuführrohren 43a, 43b verwendet werden.

[0115] Die vorliegende Erfindung ist in ihrem Umfang nicht auf die hier beschriebenen spezifischen Ausführungsformen beschränkt. Vielmehr ergeben sich für den Fachmann aus der Beschreibung und den dazugehörigen Figuren zusätzlich zu den hier offenbarten Beispielen verschiedene weitere Modifikationen der vorliegenden Erfindung, die ebenfalls in den Schutzbereich der Ansprüche fallen. Zusätzlich werden in der Beschreibung verschiedene Referenzen zitiert, deren Offenbarungsgehalt hiermit in deren Gesamtheit durch Referenz in die Beschreibung mit aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

[0116]

10	Kraftwerkeinheit
11	Oberseite
12	Unterseite
13a	erste Bugseite, der Strömung zugewandte erste Seite
13b	Heckseite, der Strömung abgewandte zweite Seite
14	Bezugsebene, senkrechte Ebene quer zur Strömungsrichtung
15a	erste Seite
15b	zweite Seite
20, 20', 20"	Schwimmkörper
40	Wasserkraftmaschine
41	Stromgenerator
42a	erste Zuführvorrichtung
42b	zweite Zuführvorrichtung
43a, 43b	Zuführrohr
44, 44a, 44b	Saugrohr
45	erste Umschaltvorrichtung
46	zweite Umschaltvorrichtung
47	Rechen
48	Schieber
49	Schieber
50	Turbine
51	Leitwerk
52	ringförmige Kammer
53	Ventilkörper
55a, 55b	Ausgang des Saugrohrs
70	Aufstauvorrichtung
71	Barriere
72a, 72b	Leitelement
73a, 73b	Rampe
74a, 74b	Öffnung
75a, 75b	Stauklappe
90	Gewässer
91	Oberflächen-Wasserströmung
92a, 92b	Strömungsrichtung
94a, 94b	stehende Welle
95a, 95b	Niveau der stehenden Welle
96	lokaler Wasserspiegel des Gewässers
97	Wasserspiegel im Heckwasser der Kraftwerkseinheit
98	anströmendes Wasser

Patentansprüche

1. Schwimmfähige Kraftwerkeinheit (1) zur Erzeugung von elektrischer Energie aus einer gerichteten Wasserströmung (91) an der Oberfläche eines Gewässers (90), umfassend mindestens einen Schwimmkörper (20); mindestens eine Wasserkraftmaschine (40) zum Antrieb eines Stromgenerators (41);

eine durch den mindestens einen Schwimmkörper getragene Aufstauvorrichtung (70), mit welcher bei der in Bezug auf eine Oberflächen-Strömung (91) eines Gewässers (90) örtlich fixierten Kraftwerkeinheit anströmendes (98) Wasser in Bezug auf einen lokalen Wasserspiegel (96) des Gewässers nach oben leitbar und zu einer ersten stehenden Wasserwelle (94a) auf einer ersten Seite einer Bezugsebene (14) senkrecht zur Strömungsrichtung (92a, 92b) aufstaubar ist; und
eine erste Zuführvorrichtung (42a) zum Ableiten von Wasser aus der ersten stehenden Welle in die mindestens eine Wasserkraftmaschine.

2. Kraftwerkeinheit nach Anspruch 1, wobei die Aufstauvorrichtung (70) im Wesentlichen spiegelsymmetrisch aufgebaut ist,
so dass bei einer Umkehrung der Strömungsrichtung der Oberflächen-Strömung (91) des Gewässers (90) aus einer entgegengesetzten Strömungsrichtung (92b) anströmendes Wasser (98) mit der Aufstauvorrichtung (70) in Bezug auf den lokalen Wasserspiegel (96) des Gewässers nach oben leitbar und zu einer zweiten stehenden Wasserwelle (94b) auf einer zweiten Seite (15b) der Bezugsebene aufstaubar ist; und
wobei eine zweite Zuführvorrichtung (42b) vorgesehen ist zum Ableiten von Wasser aus der zweiten stehenden Welle in die mindestens eine Wasserkraftmaschine (40).
3. Kraftwerkeinheit nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Aufstauvorrichtung (70) eine auf einer dem Gewässer (90) entgegengesetzten Oberseite (11) der Kraftwerkeinheit (10) angeordnete Barriere (71) zum Aufstauen des anströmenden Wassers (98) aufweist.
4. Kraftwerkeinheit nach Anspruch 3, wobei die Aufstauvorrichtung (70) mindestens ein auf einer dem Gewässer (90) entgegengesetzten Oberseite (11) der Kraftwerkeinheit (10) angeordnetes Leitelement (72a, 72b) aufweist, mit welchem anströmendes Wasser (98) zur Barriere (71) führbar ist.
5. Kraftwerkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Aufstauvorrichtung (70) eine auf einer dem Gewässer (90) entgegengesetzten Oberseite (11) der Kraftwerkeinheit (10) angeordnete Rampe (73a, 73b) aufweist.
6. Kraftwerkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zuführvorrichtung (42a, 42b) ein Zufuhrrohr (43a, 43b) aufweist, welches von einer Öffnung (74a, 74b) in der Aufstauvorrichtung (70) zu der mindestens einen Wasserkraftmaschine (40) verläuft.
7. Kraftwerkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine Wasserkraftmaschine (40) eine Kaplan-Turbine oder eine Kaplan-ähnliche Turbine, beispielsweise eine VLH (Very Low Head) Turbine ist.
8. Kraftwerkeinheit nach Anspruch 7, wobei stromabwärts von der Turbine (40) ein Rohr (44) angeordnet ist, mit welchem das Wasser nach dem Passieren der Turbine wegführbar ist.
9. Kraftwerkeinheit nach Anspruch 7 oder 8, wobei stromabwärts von der Turbine (40) ein Saugrohr (44) angeordnet ist, welches sich unterhalb des Wasserspiegels (96, 97) zum Gewässer (90) hin öffnet.
10. Kraftwerkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Vorrichtung vorgesehen ist, mit welcher ein Schwimmkörper (20') in Bezug auf die Aufstauvorrichtung (70) bewegt werden kann.
11. Kraftwerkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Vorrichtung vorgesehen ist, mit welcher ein Schwimmkörper (20') in Bezug auf die Aufstauvorrichtung (70) bewegt werden kann.
12. Kraftwerkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine erste Vorrichtung (45) vorgesehen ist, mit welcher die Wasserkraftmaschine (40) wechselweise mit einem ersten Zufuhrrohr (43a) und einem zweiten Zufuhrrohr (43b) fluidisch verbindbar ist.
13. Kraftwerkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine zweite Vorrichtung (46) vorgesehen ist, mit welcher die Wasserkraftmaschine (40) wechselweise mit einem ersten stromabwärts zur Turbine angeordneten Rohr (44a) und einem zweiten stromabwärts zur Turbine angeordneten Rohr (44b) fluidisch verbindbar ist.
14. Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie aus einer gerichteten Wasserströmung (91) an der Oberfläche eines Gewässers (90), umfassend
das Bereitstellen einer von mindestens einem Schwimmkörper (20) getragenen Aufstauvorrichtung (70), welche in Bezug auf eine Oberflächen-Strömung (91) eines Gewässers (90) örtlich fixiert ist, wobei anströmendes (98) Wasser von der Aufstauvorrichtung in Bezug auf einen lokalen Wasserspiegel (96) des Gewässers nach oben geleitet und zu einer stehenden Wasserwelle (94a, 94b) angestaut wird;
das Ableiten von Wasser aus der stehenden Wasserwelle (94a, 94b) in eine Wasserkraftmaschine;
das Erzeugen von elektrischer Energie mit einem von der Wasserkraftmaschine (40) angetriebenen Stromgenerator (41).
15. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Verfahren mit einer Kraftwerkeinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchgeführt wird.

Fig. 2

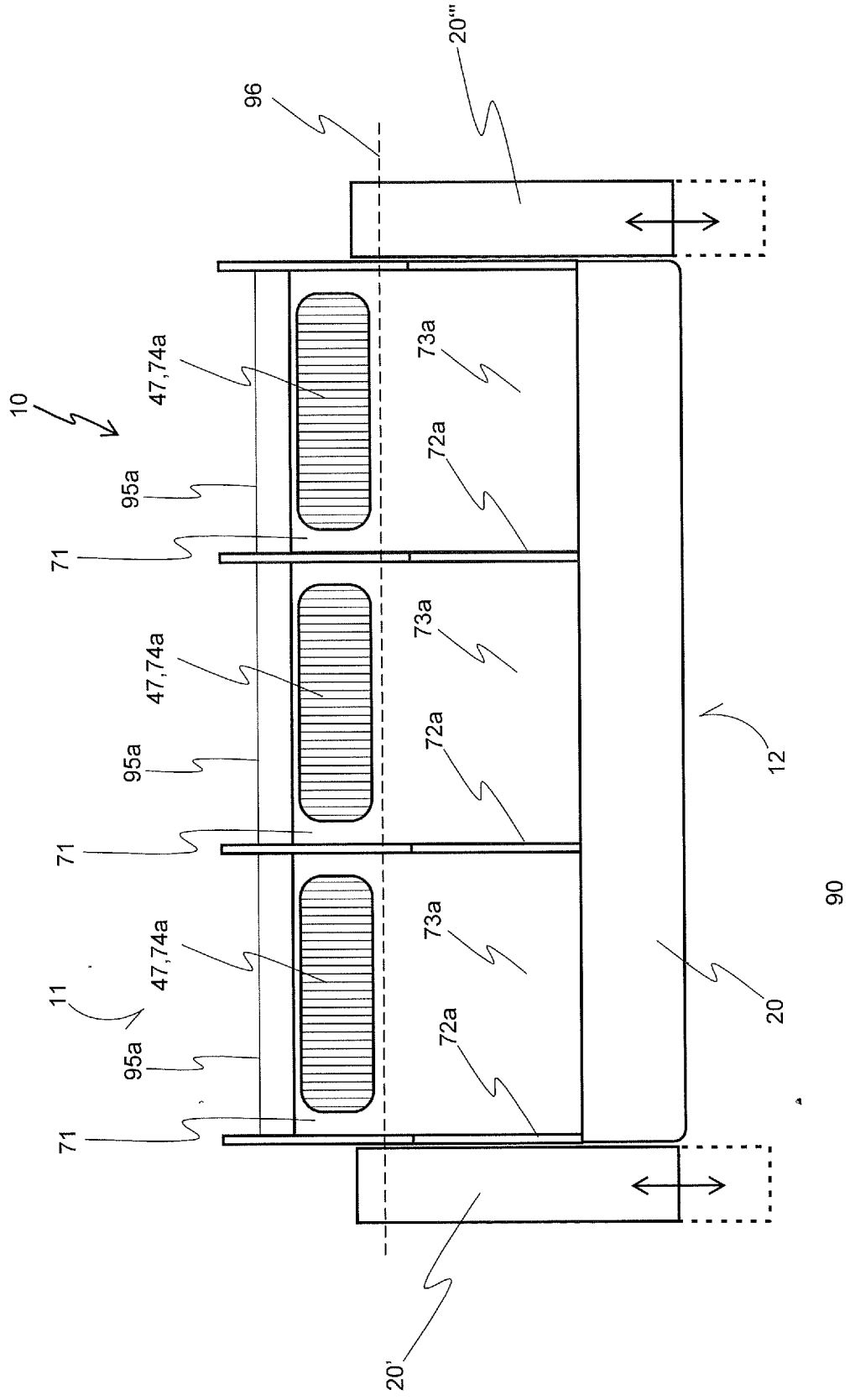


Fig. 3

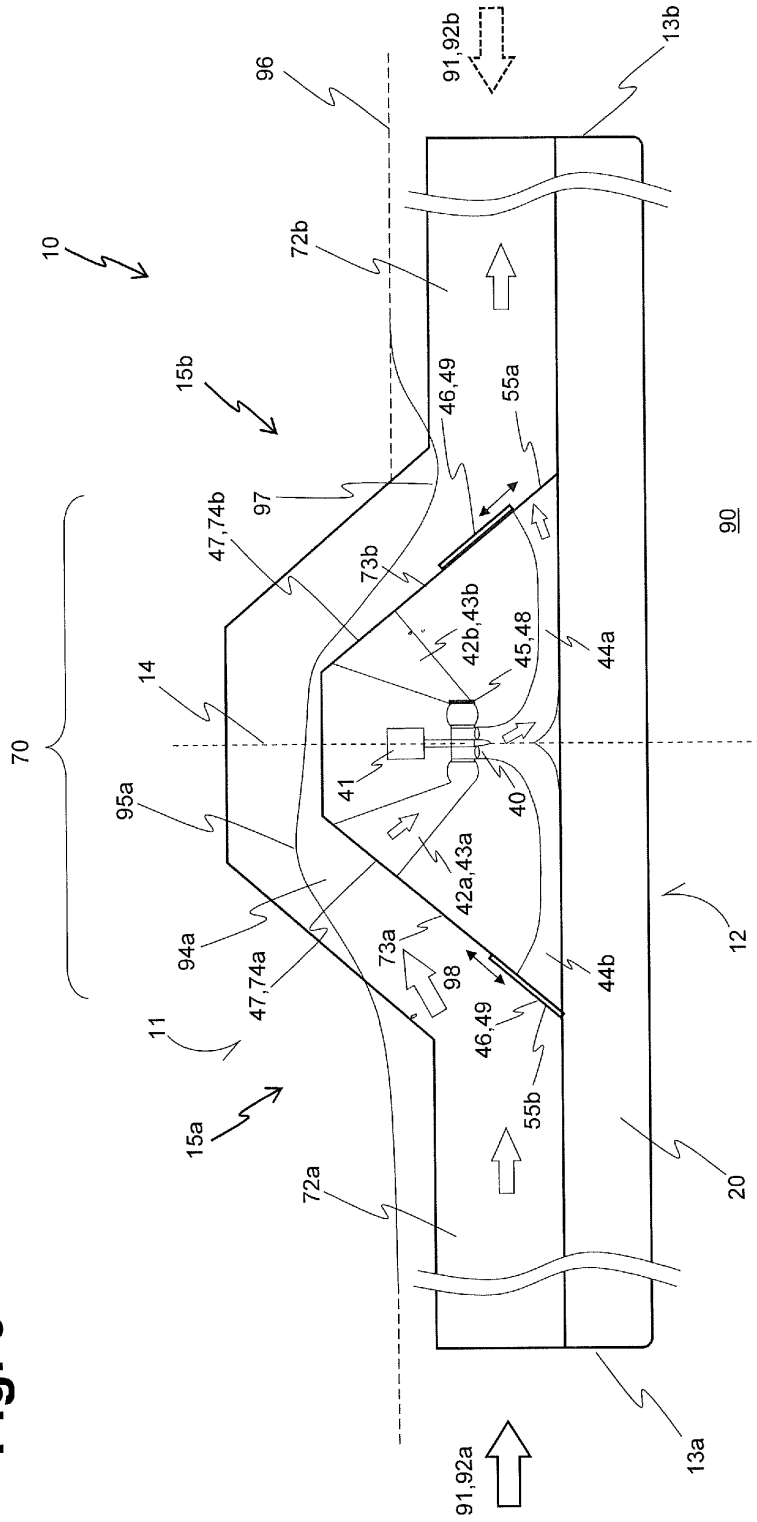


Fig. 4

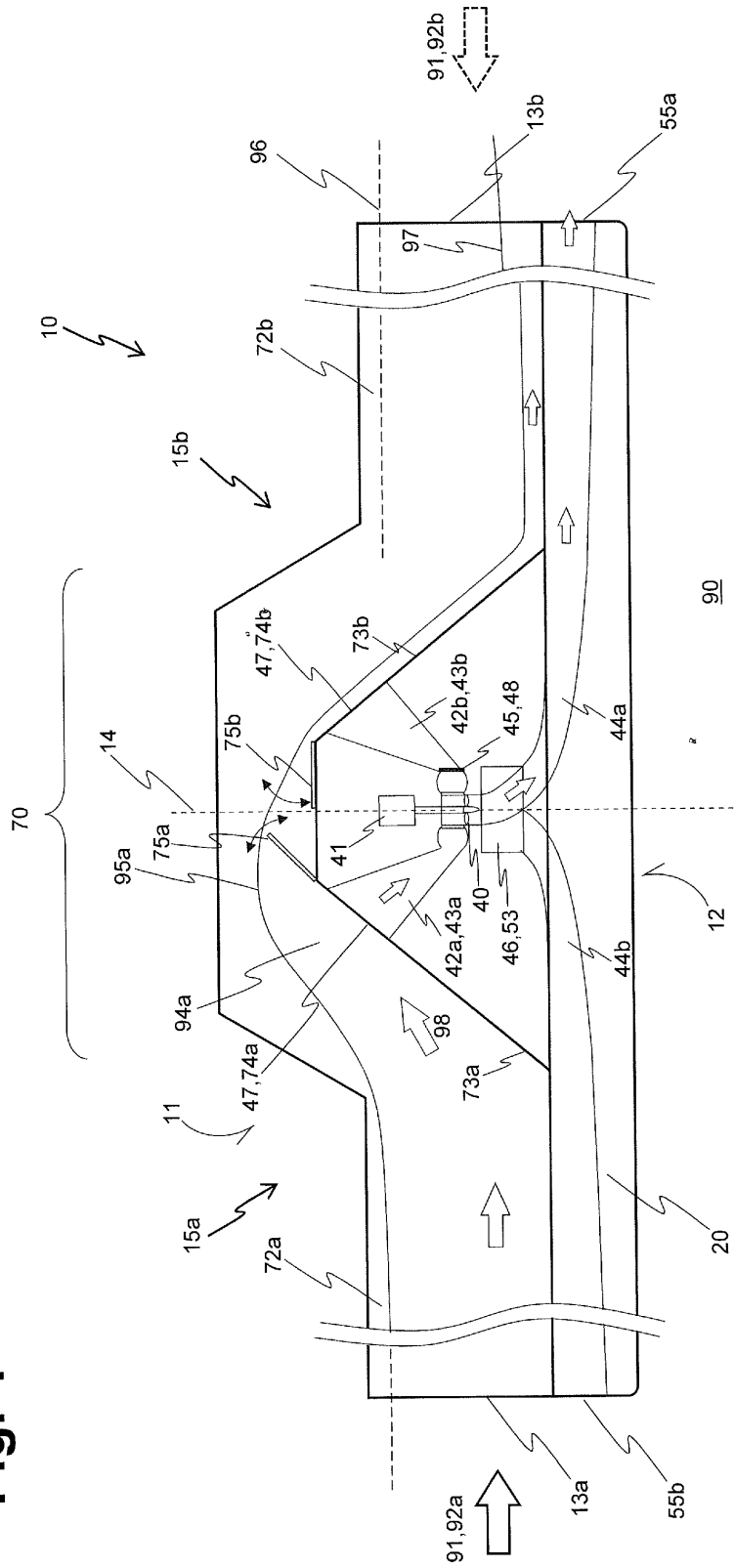
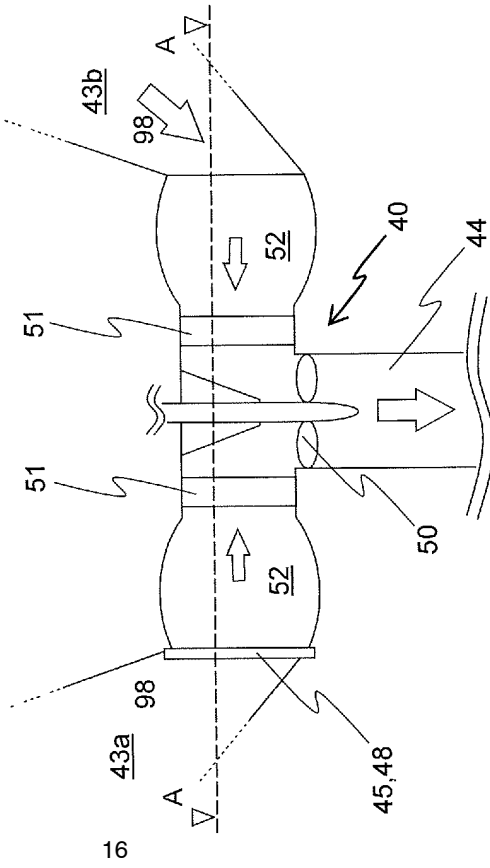


Fig. 5

(a)



(b)

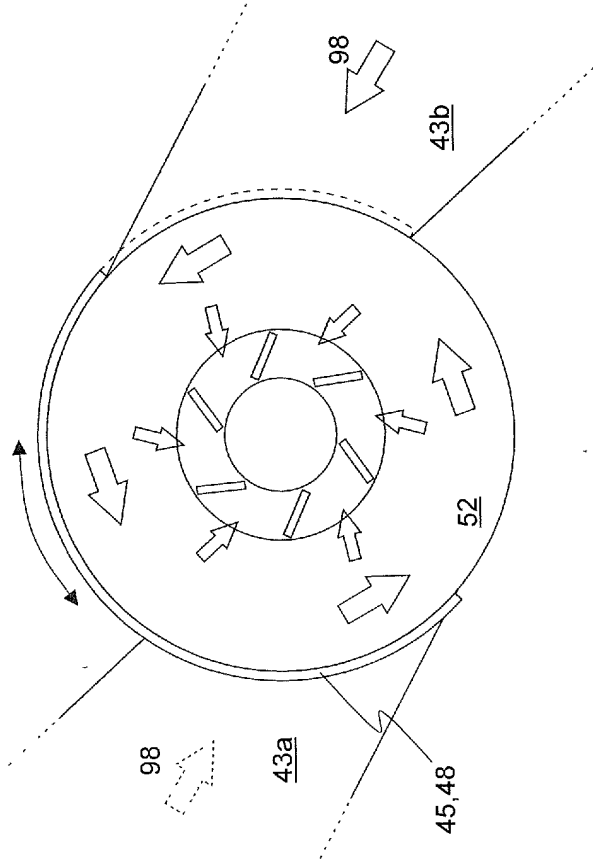


Fig. 6

