



(11)

EP 4 328 444 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.06.2025 Patentblatt 2025/24

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E02B 9/02 (2006.01) F03B 13/08 (2006.01)
E02B 8/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23191271.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F03B 13/08; E02B 8/085; E02B 9/02;
F05B 2240/40

(22) Anmeldetag: **14.08.2023**

(54) **WASSERKRAFTANLAGE SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER WASSERKRAFTANLAGE**

HYDROPOWER SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING A HYDROPOWER SYSTEM

CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE ET PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **22.08.2022 DE 102022121139**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.02.2024 Patentblatt 2024/09

(73) Patentinhaber: **LESO sustainable solutions GmbH**
73066 Uhingen (DE)

(72) Erfinder: **Maier, Andreas**
73066 Uhingen (DE)

(74) Vertreter: **RPK Patentanwälte Reinhardt und Kaufmann Partnerschaft mbB**
Gaisburgstraße 21
70182 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 725 142 EP-A1- 3 156 546
WO-A1-2014/060102 DE-A1- 102014 000 811

EP 4 328 444 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wasserkraftanlage sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Wasserkraftanlage.

[0002] Strömungsführende Gewässer wie Flüsse sind aufgrund von Querbauten, wie beispielsweise Stau-
mauern, nur begrenzt für Organismen oder Sedimente durchgängig.

[0003] Es ist bekannt, Fischwege um das Querbauwerk anzulegen, welches die Durchgängigkeit behindert. Derartige Umgehungsmöglichkeiten gibt es in unterschiedlichen Ausführungen, beispielsweise als Schlitz-
passe, Umgehungsgerinne oder naturnahe Beckenpas-
sagen.

[0004] Aus der EP 3156546 A1 ist eine Fischschleuse zum Überwinden von Höhenunterschieden in derartigen Gewässern bekannt, um eine Organismenwanderung in beide Richtungen zu ermöglichen. Die Fischschleuse besteht aus zwei Kammern, die mit Verschlussorganen zum Oberwasser und Unterwasser ausgeführt sind. Die Verschlussorgane werden so angesteuert, dass immer eine Kammer zum Oberwasser und die andere Kammer zum Unterwasser hin geöffnet ist. Nach Ablauf eines Zeitintervalls oder nach Organismenbestand in den Kammern erfolgt eine neue Ansteuerung der Verschlussorgane, sodass die zuvor zum Oberwasser geöffnete Kammer nun zum Unterwasser geöffnet ist und die zweite Kammer zum Oberwasser.

[0005] Zur Lockung der Organismen wird eine Lockströmung vorgesehen, die vom Oberwasser eintritt, durch einen Kanal führt und dann in das Unterwasser austritt. Im Kanal befindet sich ein Antrieb eines Generators, welcher elektrische Energie bereitstellt beziehungsweise den Durchfluss begrenzt.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Eine Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Wasserkraftanlage, die eine Passage von Organismen und/oder Sediment im Wasser bei kontinuierlichem Betrieb oder zumindest quasikontinuierlichem Betrieb eines Generators ermöglicht.

[0007] Eine weitere Aufgabe ist die Bereitstellung eines Verfahrens zum Betreiben einer solchen Wasserkraftanlage.

[0008] Die Aufgaben werden durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Günstige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung.

[0009] Es wird eine Wasserkraftanlage vorgeschlagen, die zur Anordnung in einem Gewässer mit einem Gefälle in einer Schwerkraft zwischen Oberwasser und Unterwasser des Gewässers ausgebildet ist. Die Wasserkraftanlage umfasst wenigstens drei Zwischen-

speicher, von denen jeder ein Verschlusselement zum Oberwasser und ein Verschlusselement zum Unterwasser sowie einen Speicherbereich aufweist. Die Wasserkraftanlage umfasst weiter wenigstens ein Generatormodul, das eine Arbeitskammer aufweist, in der ein Antrieb eines Generators angeordnet ist. Die Wasserkraftanlage umfasst zudem eine Regel- und/oder Steuereinrichtung zum, insbesondere zyklischen, Öffnen des einen der Verschlusselemente und Schließen der anderen der Verschlusselemente jedes der Zwischenspeicher.

[0010] Die Zwischenspeicher und das Generatormodul sind über wenigstens zwei Sammelleitungen fluidisch verbunden. Die eine der Sammelleitungen führt der Arbeitskammer Wasser vom Oberwasser her zu. Die andere der Sammelleitungen führt aus der Arbeitskammer Wasser zum Unterwasser hin ab.

[0011] In einem bestimmungsgemäßen Betrieb ist zu jedem Zeitpunkt wenigstens einer der wenigstens drei Zwischenspeicher in einer ersten Phase, in welcher dieser wenigstens eine Zwischenspeicher zum Oberwasser geöffnet ist und eine der Sammelleitungen zwischen diesem Zwischenspeicher und dem Generatormodul freigeschaltet ist. Gleichzeitig ist wenigstens ein anderer der wenigstens drei Zwischenspeicher in einer zweiten Phase, in welcher dieser wenigstens eine Zwischenspeicher zum Unterwasser geöffnet ist und eine der Sammelleitungen zwischen Generatormodul und jenem Zwischenspeicher freigeschaltet ist, während wenigstens ein dritter der wenigstens drei Zwischenspeicher in der ersten oder in der zweiten Phase oder in einem Übergang zwischen den Phasen ist.

[0012] Die Regel- und/oder Steuereinrichtung ist dazu eingerichtet, die wenigstens drei Zwischenspeicher zwischen den beiden Phasen zyklisch umzuschalten und die Leistung des Generatormodul dementsprechend anzupassen, dass eine kritische Fließgeschwindigkeit nicht überschritten wird.

[0013] Vorteilhaft dient der Speicherbereich des Zwischenspeichers zum temporären Speichern von aquatischen Organismen und/oder aquatischem Sediment, das vom Oberwasser oder vom Unterwasser her durch geöffnete Verschlusselemente in die Zwischenspeicher gelangt. Dadurch, dass immer ein Strömungspfad zwischen Oberwasser und Unterwasser durch das Generatormodul vorhanden ist, kann der Generator kontinuierlich oder wenigstens quasikontinuierlich, insbesondere kurzzeitig mit verringerter Leistung, betrieben werden.

[0014] Gleichzeitig können jedoch immer aquatische Organismen bei geöffnetem Verschlusselement des jeweiligen Zwischenspeichers aus dem Oberwasser eintreten und ins Unterwasser entlassen werden, oder umgekehrt. Günstigerweise ist zwischen dem Speicherbereich des jeweiligen Zwischenspeichers und den Sammelleitungen jeweils wenigstens ein Ventil vorgesehen, das beispielsweise als Rückschlagventil ausgeführt sein kann.

[0015] Es kann eine Vielzahl von Zwischenspeichern vorgesehen sein. Bei einer ausreichenden Anzahl kann

der Generator kontinuierlich betrieben werden. Eine Unterbrechung des Betriebs kann vermieden werden. Vorteilhaft können die Zwischenspeicher mit ihrer Längserstreckung zwischen den Verschlusselementen zu Oberwasser und Unterwasser parallel zueinander angeordnet sein.

[0016] Die Sammelleitungen können vorteilhaft Segmente der Zwischenspeicher umfassen, welche durch jeweils einen Bereich der Zwischenspeicher zwischen dem Speicherbereich und wenigstens einem oder mehreren Durchbrüchen in einer Seitenwand des jeweiligen Zwischenspeichers gebildet sein kann. Werden die Zwischenspeicher nebeneinander, insbesondere parallel zueinander so angeordnet, dass sich die Durchbrüche benachbarter Zwischenspeicher überdecken, werden in diesem Fall die Sammelleitungen ausgebildet, die sich quer zur Längserstreckung der Zwischenspeicher erstrecken. Ist ein Zwischenspeicher zwischen weiteren Zwischenspeichern oder einem Zwischenspeicher und beispielsweise dem Generatormodul angeordnet, weist dieser Zwischenspeicher auf beiden Seitenwänden entsprechende Durchbrüche auf. Ein Zwischenspeicher als Endstück weist zweckmäßigerweise Durchbrüche nur an einer Seitenwand auf, oder ist am freien Ende anderweitig verschlossen.

[0017] Günstigerweise kann der jeweilige Bereich mit wenigstens einer Abschirmanordnung zu dem Speicherbereich abgetrennt sein. Die Abschirmanordnung stellt sicher, dass keine Organismen oder Sediment in die Sammelleitungen gelangen können.

[0018] Die eine Sammelleitung bildet eine Zulaufsammeleleitung für Wasser zu der jeweiligen Arbeitskammer. Gleichzeitig bildet diese Zulaufsammeleleitung eine Ablaufsammeleleitung für die jeweiligen Zwischenspeicher, wobei das Wasser aus den Zwischenspeichern der jeweiligen Arbeitskammer zugeführt werden kann. Die andere Sammelleitung bildet eine Ablaufsammeleleitung für Wasser, das aus der jeweiligen Arbeitskammer abgeführt wird. Gleichzeitig bildet diese Ablaufsammeleleitung eine Zulaufsammeleleitung für die jeweiligen Zwischenspeicher, wobei das Wasser aus der Arbeitskammer den jeweiligen Zwischenspeichern zugeführt wird. Hierbei kann die Zulaufsammeleleitung zur Arbeitskammer in Schwerrichtung oberhalb der Ablaufsammeleleitung von der Arbeitskammer angeordnet sein. Alternativ kann die Zulaufsammeleleitung zur Arbeitskammer auf gleicher Höhe wie die Ablaufsammeleleitung von der Arbeitskammer angeordnet sein. In vorteilhafter Weise kann der Arbeitsraum in Vorzugsrichtung von Wasser durchströmt werden, hier ist die Vorzugsrichtung so ausgerichtet, dass das Wasser einen Generator im Arbeitsraum zuverlässig antreibt.

[0019] Vorteilhaft können die Sammelleitungen auf Seiten des jeweiligen Zwischenspeichers mit Ventilen, insbesondere Rückschlagventilen, versehen sein. Die Ventile können vorteilhaft zwischen der Abschirmanordnung und dem Durchbruch angeordnet sein. Die Verschlusselemente eines Zwischenspeichers und die bei-

den Ventile für die beiden Sammelleitungen bilden eine Schaltgruppe.

[0020] Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in der Sammelleitung zur Arbeitskammer ist in vorteilhafter Weise abhängig von der Anzahl der Zwischenspeicher in der ersten Phase. Dadurch kann die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in der Sammelleitung zur Arbeitskammer und die Leistung des mit dem korrespondierenden Generatormodul gekoppelten Generators einfach nach Bedarf eingestellt werden.

[0021] Hierbei verändert sich die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in den jeweiligen Speicherbereichen der Zwischenspeicher nicht. In vorteilhafter Weise können dadurch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers in den Zwischenspeichern und der Sammelleitung zur Arbeitskammer herrschen.

[0022] Dadurch können, wenn eine Mehrzahl von Zwischenspeichern betrieben werden, durch die weitere Parallelisierung der Verschlusselemente und etwaigen Ventilen, insbesondere Rückschlagventilen, in den Zwischenspeichern eine optimierte Strömungsgeschwindigkeit für Generator einerseits und den jeweiligen Speicherbereich der Zwischenspeicher, welcher den Passagepfad für die in den Speicherbereich gelangten Organismen durch den Zwischenspeicher bildet, unabhängig voneinander optimiert werden.

[0023] Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in den Zwischenspeichern kann daher günstig an Überlebensbedingungen vorhandener aquatischer Organismen angepasst sein.

[0024] Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in der Sammelleitung zur Arbeitskammer kann an die aktuell erforderliche Leistung des Generators angepasst sein.

[0025] Sind mindestens drei der Zwischenspeicher an demselben Generatormodul angeschlossen, lässt sich ein kontinuierlicher Betrieb des Generators erreichen. Mindestens je zwei Zwischenspeicher stellen dabei über entsprechende Sammelleitungen zu jedem Zeitpunkt eine Verbindung zwischen Arbeitskammer des Generatormoduls und Unterwasser bzw. Oberwasser her.

[0026] Ein Antrieb des Generators, der in die Arbeitskammer des Generatormoduls ragt, kann über die Wasserströmung durch die Arbeitskammer Energie aufnehmen. Der Antrieb kann eine Turbine sein oder ein Propeller, insbesondere mit rotierenden und/oder verstellbaren Flügeln. Die Rotationsrichtung des Antriebs und damit des Generators bleibt erhalten.

[0027] Durch die Sammelleitungen und das Vorhandensein von wenigstens drei Zwischenspeichern ist eine gleichbleibende Strömungsrichtung in der Arbeitskammer umsetzbar. Die Strömungsstärke in den Sammelleitungen ist abhängig von der Anzahl gekoppelter Zwischenspeicher. Durch die Sammelleitungen und die Verschlusselemente der Zwischenspeicher kann die Arbeitskammer auf zwei Strömungspfade aufgeteilt werden, die dann für sich nur in der einen Vorzugsrichtung durchströmt werden. Zusätzliche Parallelpfade der Ven-

tilgruppen, insbesondere Rückschlagventile, in den Zwischenspeichern oder vor oder hinter den Sammelleitungen, erlauben einen kontinuierlichen Betrieb. Die weitere Umwandlung in elektrische Energie entspricht dem Stand der Technik.

[0028] Zweckmäßigerweise kann dabei mit einer Abschirmanordnung, etwa ein Feinrechen, ein Netz, ein Gitter oder dergleichen, das Einströmen von Lebewesen in die Arbeitskammer verhindert werden. Dabei kann vorteilhaft die Durchströmungsgeschwindigkeit der Abschirmanordnung unter einem kritischen Wert liegen, wenn Wasser Richtung Arbeitskammer fließt. Die Gesamtfläche der Abschirmanordnung kann dazu mindestens so groß gewählt werden, dass der durchströmte Querschnitt dem des Zulaufrohrs in die Zwischenspeicher entspricht.

[0029] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage kann zwischen dem Speicherbereich und der Sammelleitung ein Ventil, insbesondere Rückschlagventil, angeordnet sein. Das Ventil kann in vorteilhafter Weise einen Rückstrom von Wasser entgegen der vorgesehenen Strömungsrichtung verhindern. Dadurch kann beispielsweise ein Rückstrom aus der Sammelleitung in einen der Speicherbereiche effektiv verhindert werden. Des Weiteren kann das Ventil einfach von einer Strömung des Wassers in der vorgesehenen Strömungsrichtung ohne weitere technische Elemente wie beispielsweise Sensoren geöffnet werden.

[0030] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage kann der Speicherbereich zwischen den Verschlusselementen ausgebildet sein und zu den Sammelleitungen mit wenigstens einer wasserdurchlässigen Abschirmanordnung abgetrennt sein, welche aquatische Organismen und/oder aquatisches Sediment von der wenigstens einen Arbeitskammer abschirmt.

[0031] In vorteilhafter Weise können sich aquatischen Organismen in dem Speicherbereich sicher aufhalten und die wenigstens eine Abschirmanordnung kann effektiv verhindern, dass aquatische Organismen in die für sie gefährlichen Sammelleitungen und Arbeitskammern gelangen. Des Weiteren kann das Sediment durch den Speicherbereich transportiert werden, so dass ein Transport von Sedimenten Flussabwärts, wie er in natürlichen Gewässern stattfindet, ebenfalls trotz Wasserkraftanlage ermöglicht werden kann. Die wenigstens eine Abschirmanordnung kann verhindern, dass Sedimente in die Sammelleitungen und/oder Arbeitskammern gelangen, sich dort absetzen und/oder die Sammelleitungen verstopfen.

[0032] Des Weiteren kann die wenigstens eine Abschirmanordnung verhindern, dass Sedimente den Generator in der jeweiligen Arbeitskammer beschädigen. Des Weiteren kann ein Reinigen der Sammelleitungen und/oder der Arbeitskammern entfallen oder ein Reinigungsintervall kann verlängert werden, wenn Sedimente nicht in die Sammelleitungen und/oder Arbeitskammern gelangen.

[0033] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Was-

serkraftanlage kann eine gemeinsame Abschirmanordnung für zwei Ventile, insbesondere Rückschlagventile, wenigstens eines der Zwischenspeicher vorhanden sein, insbesondere bei einer Anordnung der mit dem Oberwasser und dem Unterwasser verbundenen oder verbindbaren Sammelleitungen auf gleicher Höhe.

[0034] In vorteilhafter Weise können Kosten für weitere Abschirmanordnungen eingespart werden. Zudem kann eine Reinigung der Abschirmeinrichtung durch das Alternieren der Durchströmungsrichtung erfolgen. Des Weiteren kann das Netz oder der Feinrechen eine entsprechend große Fläche aufweisen, so dass das Entstehen einer für die aquatischen Organismen kritische Strömungsgeschwindigkeit in Richtung der Abschirmanordnung erschwert werden kann.

[0035] Des Weiteren kann mit der einen Abschirmanordnung verhindert werden, dass aquatische Organismen aus dem Speicherbereich durch die Ventile, insbesondere Rückschlagventile, strömen. Des Weiteren kann die Abschirmanordnung verhindern, dass Sedimente aus dem Speicherbereich durch die Ventile strömen.

[0036] Nach einer alternativen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage kann für jedes Ventil, insbesondere Rückschlagventil, wenigstens eines der Zwischenspeicher eine separate Abschirmanordnung vorhanden sein, insbesondere bei einer Anordnung der mit dem Oberwasser und dem Unterwasser verbundenen oder verbindbaren Sammelleitungen mit einem Höhenversatz. In vorteilhafter Weise kann durch die Zuordnung von einer Abschirmanordnung zu einem Ventil einfach ohne konstruktiven Aufwand verhindert werden, dass aquatische Organismen aus dem Speicherbereich durch das entsprechende Ventil strömen oder schwimmen. Des Weiteren kann durch die jeweilige Abschirmanordnung verhindert werden, dass Sedimente aus dem Speicherbereich durch die jeweiligen Ventile, insbesondere Rückschlagventile, strömen.

[0037] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage können die Ventile passive Klappen umfassen, welche durch Wasserdruck zu öffnen oder zu schließen sind. Diese Art Ventile sind in vorteilhafter Weise in unterschiedlichen Ausführungen einfach und kostengünstig zu erhalten. Des Weiteren ist deren Wartungsaufwand gering.

[0038] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage können die Sammelleitungen quer zu den Zwischenspeichern angeordnet sein, insbesondere durch die mittels wenigstens einer Abschirmeinrichtung vom Speicherbereich des jeweiligen Zwischenspeichers abgeteilten Segmente von aneinandergesetzten Zwischenspeichern gebildet sein, wenn die Durchbrüche in den jeweiligen Seitenwänden sich kongruent überdeckend platziert sind. Diese Anordnung ermöglicht eine Bauraum und Baustoff sparende Umsetzung der Sammelleitungen. Des Weiteren kann die Wasserkraftanlage durch einen solchen Aufbau einfach erweitert werden, wenn die Breite des korrespondierenden Gewässers

dies zulässt.

[0039] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage kann zwischen dem an das Generatormodul angrenzenden Zwischenspeicher und dem Generatormodul ein Absperrmodul, etwa ein Schützhausmodul, angeordnet sein, welches Verschlusselemente zum Absperrern und Freigeben der Sammelleitungen aufweist. In vorteilhafter Weise können die Verschlusselemente des einem Generatormodul zugeordneten Absperrmoduls einen absperrenden Zustand aufweisen, welcher einen Zulauf bzw. Ablauf von Wasser in das Generatormodul hinein oder aus diesem heraus verhindern. Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise eine Wartung des entsprechenden Generatormoduls und/oder der verbundenen Sammelleitungen und/oder Zwischenspeicher. Die Verschlusselemente können im normalen Betrieb den Freigebenden Zustand aufweisen.

[0040] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage können die Zwischenspeicher gleichartig ausgebildet sein mit einem Verschlusselement zum Oberwasser, einem Verschlusselement zum Unterwasser, einem Speicherbereich zwischen den Verschlusselementen, sowie zwei Durchbrüchen in wenigstens einer Seitenwand. In vorteilhafter Weise kann bei gleichartiger Ausführung der Zwischenspeicher eine Konstruktion der Wasserkraftanlage und/oder eine Erweiterung einer Wasserkraftanlage und/oder eine Aufrüstung einer Wasserkraftanlage mit Zwischenspeichern erleichtert werden. Ist ein Zwischenspeicher zwischen weiteren Zwischenspeichern oder einem Zwischenspeicher und beispielsweise dem Generatormodul angeordnet, kann dieser Zwischenspeicher auf beiden Seitenwänden entsprechende Durchbrüche aufweisen. Ein Zwischenspeicher als Endstück kann zweckmäßigerweise Durchbrüche nur an einer Seitenwand aufweisen, oder ist am freien Ende bzw. seiner freien Seitenwand anderweitig verschlossen.

[0041] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage können die Zwischenspeicher an ihrem Zulauf jeweils eine Zuleitung aufweisen, die vom Absperrmodul zum Oberwasser in die Höhe ragt. Dies hat den Vorteil, dass ein Betrieb der Wasserkraftanlage an unterschiedliche Gesamtfallhöhen angepasst erfolgen kann.

[0042] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage kann das wenigstens eine Generatormodul zwischen einer Mehrzahl von Zwischenspeichern angeordnet sein. Dadurch ist beispielsweise ein Betrieb möglich, in welchem der Druckabfall in den Sammelleitungen durch eine alternierende Verteilung der Betriebsphasen entlang der Sammelleitungen verringert oder sogar minimiert werden kann. Hierbei können die Wechsel in jeweils eine andere Phase zeitlich versetzt erfolgen, so dass ein kontinuierlicher Betrieb möglich ist.

[0043] Es sind auch andere Verteilungen der Phasen vorstellbar. Durch die Sammelleitungen ist ein Durchfluss des Generatormoduls in Vorzugsrichtung unabhängig von der Anordnung der Zwischenspeicher und unab-

hängig von der Verteilung der Phasen, in welcher die jeweiligen Zwischenspeicher sind, möglich.

[0044] In einer alternativen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage kann das Generatormodul einseitig an einer Mehrzahl von Zwischenspeichern angeordnet sein. Durch die Sammelleitungen ist ein Durchfluss des Generatormoduls in Vorzugsrichtung unabhängig von der Anordnung der Zwischenspeicher und unabhängig von der Verteilung der Phasen, in welcher die jeweiligen Zwischenspeicher sind, möglich. Dadurch ist auch bei einer einseitigen Anordnung der Zwischenspeicher ein kontinuierlicher Betrieb möglich.

[0045] Nach einer günstigen Ausgestaltung der Wasserkraftanlage können wenigstens zwei Generatormodule mit einer Mehrzahl von Zwischenspeichern gekoppelt sein. Dadurch kann die Leistung der Wasserkraftanlage erhöht werden. Des Weiteren kann ein Betrieb selbst dann ermöglicht werden, wenn eins der Generatormodule defekt ist oder gewartet wird. Durch weitere Generatormodule kann die Zuverlässigkeit der Wasserkraftanlage in vorteilhafter Weise erhöht werden. Des Weiteren kann durch diese Vorgehensweise eine einfache Standardisierung der Anlage ermöglicht werden, da die Anzahl und/oder Größe der Zwischenspeicher und der Generatormodule unabhängig voneinander optimiert werden können.

[0046] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben einer Wasserkraftanlage vorgeschlagen, wobei eine Regel- und/oder Steuereinrichtung wenigstens drei Zwischenspeicher betreibt, von denen jeder ein Verschlusselement zum Oberwasser und ein Verschlusselement zum Unterwasser sowie einen Speicherbereich aufweist. In einem bestimmungsgemäßen Betrieb wird zu jedem Zeitpunkt wenigstens einer der wenigstens drei Zwischenspeicher in einer ersten Phase zum Oberwasser offengehalten und über eine Sammelleitung fließt Wasser zwischen diesem Zwischenspeicher und Generatormodul. Gleichzeitig wird wenigstens ein anderer der wenigstens drei Zwischenspeicher in einer zweiten Phase zum Unterwasser offengehalten und über eine Sammelleitung fließt Wasser zwischen Generatormodul und jenem Zwischenspeicher, während der dritte der wenigstens drei Zwischenspeicher in der ersten oder zweiten Phase offengehalten wird oder ein Übergang zwischen den Phasen durchführt wird.

[0047] Die Regel- und/oder Steuereinrichtung schaltet die wenigstens drei Zwischenspeicher zyklisch zwischen den beiden Phasen um.

[0048] Vorteilhaft werden im Speicherbereich des Zwischenspeichers aquatische Organismen und/oder aquatisches Sediment temporär gespeichert, welche vom Oberwasser oder vom Unterwasser her durch geöffnete Verschlusselemente in die Zwischenspeicher gelangen. Dadurch, dass immer ein Strömungspfad zwischen Oberwasser und Unterwasser durch das Generatormodul vorhanden ist, kann der Generator kontinuierlich oder wenigstens quasikontinuierlich, insbesondere kurzzeitig

mit verringerter Leistung, betrieben werden. Gleichzeitig können jedoch immer aquatische Organismen bei geöffnetem Verschlusselement des jeweiligen Zwischenspeichers aus dem Oberwasser eintreten und ins Unterwasser entlassen werden, oder umgekehrt.

[0049] Die eine Sammelleitung kann eine Zulaufsammeleleitung für Wasser von dem jeweiligen Zwischenspeicher bilden. Die andere Sammelleitung kann eine Ablaufsammeleleitung für Wasser, das aus dem jeweiligen Zwischenspeicher abgeführt wird bilden.

[0050] Vorteilhaft können die Sammelleitungen auf Seiten des jeweiligen Zwischenspeichers mit Ventilen, insbesondere Rückschlagventilen, versehen sein. Die Verschlusselemente eines Zwischenspeichers und die beiden Ventile für die Sammelleitungen bilden eine Schaltgruppe.

[0051] Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in der Sammelleitung zur Arbeitskammer ist in vorteilhafter Weise abhängig von der Anzahl der Zwischenspeicher in der ersten Phase. Dadurch kann die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in der Sammelleitung zur Arbeitskammer und die Leistung des mit dem korrespondierenden Generatormodul gekoppelten Generators einfach nach Bedarf eingestellt werden. Hierbei verändert sich die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in den jeweiligen Speicherbereichen der Zwischenspeicher nicht. In vorteilhafter Weise können dadurch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers in den Zwischenspeichern und der Sammelleitung zur Arbeitskammer herrschen.

[0052] Dadurch können, wenn eine Mehrzahl von Zwischenspeichern betrieben wird, durch die weitere Parallelisierung der Verschlusselemente und etwaigen Ventilen, insbesondere Rückschlagventilen, in den Zwischenspeichern eine optimierte Strömungsgeschwindigkeit für Generator einerseits und den jeweiligen Speicherbereich der Zwischenspeicher, welcher den Passagepfad für die in den Speicherbereich gelangten Organismen durch den Zwischenspeicher bildet, unabhängig voneinander optimiert werden.

[0053] Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in den Zwischenspeichern kann daher günstig an Überlebensbedingungen vorhandener aquatischer Organismen angepasst werden.

[0054] Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in der Sammelleitung zur Arbeitskammer kann an die aktuell erforderliche Leistung des Generators angepasst werden.

[0055] Sind mindestens drei der Zwischenspeicher an demselben Generatormodul angeschlossen, lässt sich ein kontinuierlicher Betrieb des Generators erreichen. Mindestens je zwei Zwischenspeicher stellen dabei über entsprechende Sammelleitungen zu jedem Zeitpunkt eine Verbindung zwischen Arbeitskammer des Generatormoduls und Unterwasser bzw. Oberwasser her.

[0056] Ein Antrieb des Generators, der in die Arbeitskammer des Generatormoduls ragt, kann über die Wasserströmung durch die Arbeitskammer Energie aufnehmen.

Der Antrieb kann eine Turbine sein oder ein Propeller, insbesondere mit rotierenden und/oder verstellbaren Flügeln. Die Rotationsrichtung des Antriebs und damit des Generators bleibt erhalten.

[0057] Durch die Sammelleitungen und das Vorhandensein von wenigstens drei Zwischenspeichern ist eine gleichbleibende Strömungsrichtung in der Arbeitskammer umsetzbar. Die Strömungsstärke in den Sammelleitungen ist abhängig von der Anzahl gekoppelter Zwischenspeicher.

[0058] Durch die Sammelleitungen und die Verschlusselemente der Zwischenspeicher kann die Arbeitskammer auf zwei Strömungspfade aufgeteilt werden, die dann für sich nur in der einen Vorzugsrichtung durchströmt werden. Zusätzliche Parallelpfade der Ventilgruppen, insbesondere Rückschlagventile in den Zwischenspeichern oder vor oder hinter den Sammelleitungen, erlauben einen kontinuierlichen Betrieb. Die weitere Umwandlung in elektrische Energie entspricht dem Stand der Technik.

[0059] Vorteilhaft kann bei Vorliegen eines hohen Schwebstoffanteils eine rein zeitbasierte Umschaltung sinnvoll sein, womit eine hierdurch möglicherweise erschwerte Beladungserkennung der Zwischenspeicher vermieden werden kann. Zu Zeiten intensiver Fischwanderungen kann beispielsweise eine Umschaltung jedes einzelnen Zwischenspeichers im Abstand weniger Minuten, beispielsweise alle 5 Minuten, sinnvoll sein. Sind keine großen Wanderungen von Lebewesen zu erwarten, so kann eine Umschaltung jedes einzelnen Zwischenspeichers in längeren Abständen, beispielsweise stündlich, ausreichend sein. Dieser Wert kann bei hoher Partikelbeladung des Wassers gegebenenfalls angepasst werden. Optional kann die Betriebsführung vorteilhaft bei einzelnen Zwischenspeichern so angepasst werden, dass eine sich quer zur Flussrichtung ändernde Sedimentbelastung berücksichtigt werden kann.

[0060] Bei einem geringen Schwebstoffanteil kann eine Erkennung von eintretenden oder austretenden Lebewesen beispielsweise mittels Sensoren, etwa über Lichtschranken oder Ultraschallsensoren, zweckmäßig sein. Detektierte Objekte innerhalb der Wasserkraftanlage könnten daher eine Umschaltung innerhalb der nächsten Minuten, beispielsweise innerhalb der nächsten 3 Minuten, auslösen. Werden keine Objekte erkannt, kann eine Umschaltung mit längerem Abstand, beispielsweise stündlich, auch hier ausreichend sein.

[0061] Nach einer günstigen Ausgestaltung des Verfahrens kann ein zyklisches Umschalten der Verschlusselemente im Minutenbereich erfolgen. Dadurch kann in vorteilhafter Weise eine Verweilzeit aquatischer Organismen und/oder Sedimenten in den jeweiligen Zwischenspeichern reduziert werden.

55 Zeichnung

[0062] Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In den Figuren sind Aus-

führungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Figuren, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

[0063] Es zeigen beispielhaft:

- Fig. 1 ein Schaltbild eines Wasserkraftwerks nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 2 als Schnittdarstellung einen Zwischenspeicher eines Wasserkraftwerks nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer ersten Phase in Verbindung mit einem Oberwasser;
- Fig. 3 in isometrischer Darstellung den Zwischenspeicher aus Figur 2 in einer ersten Phase;
- Fig. 4 als Schnittdarstellung den Zwischenspeicher nach Figur 2 und 3 in einer zweiten Phase in Verbindung mit einem Unterwasser;
- Fig. 5 in isometrischer Darstellung den Zwischenspeicher aus den Figuren 2 bis 4 in einer zweiten Phase;
- Fig. 6 in isometrischer Darstellung ein Generatormodul eines Wasserkraftwerks nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 7 in Schnittdarstellung das Generatormodul in Figur 6;
- Fig. 8 in isometrischer Darstellung ein Wasserkraftwerk nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei Generatormodulen mit Absperrmodulen und mit einer Mehrzahl von parallel aneinandergefügt Zwischenspeichern;
- Fig. 9 als Frontansicht ein Absperrmodul nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 10 in isometrischer Darstellung das Absperrmodul aus Figur 9;
- Fig. 11 ein Schaltbild eines Wasserkraftwerks nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 12 als Schnittdarstellung einen Zwischenspeicher eines Wasserkraftwerks nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer ersten Phase in Verbindung mit einem Oberwasser;

- Fig. 13 als Schnittdarstellung den Zwischenspeicher nach Figur 12 in einer zweiten Phase in Verbindung mit einem Unterwasser;
- Fig. 14 in isometrischer Darstellung ein Wasserkraftwerk nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Generatormodul und mit einer Mehrzahl von parallel aneinandergefügt Zwischenspeichern;
- Fig. 15 eine Seitenansicht des Generatormoduls aus Figur 14;
- Fig. 16 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben einer Wasserkraftanlage.

Ausführungsformen der Erfindung

[0064] In den Figuren sind gleichartige oder gleichwirkende Komponenten mit gleichen Bezugszeichen beziffert. Die Figuren zeigen lediglich Beispiele und sind nicht beschränkend zu verstehen.

[0065] Bevor die Erfindung im Detail beschrieben wird, ist darauf hinzuweisen, dass sie nicht auf die jeweiligen Bauteile der Vorrichtung sowie die jeweiligen Verfahrensschritte beschränkt ist, da diese Bauteile und Verfahren variieren können. Die hier verwendeten Begriffe sind lediglich dafür bestimmt, besondere Ausführungsformen zu beschreiben und werden nicht einschränkend verwendet. Wenn zudem in der Beschreibung oder in den Ansprüchen die Einzahl oder unbestimmte Artikel verwendet werden, bezieht sich dies auch auf die Mehrzahl dieser Elemente, solange nicht der Gesamtzusammenhang eindeutig etwas Anderes deutlich macht.

[0066] Im Folgenden verwendete Richtungsterminologie mit Begriffen wie "links", "rechts", "oben", "unten", "davor", "dahinter", "danach" und dergleichen dient lediglich dem besseren Verständnis der Figuren und soll in keinem Fall eine Beschränkung der Allgemeinheit darstellen. Die dargestellten Komponenten und Elemente, deren Auslegung und Verwendung können im Sinne der Überlegungen eines Fachmanns variieren und an die jeweiligen Anwendungen angepasst werden.

[0067] Die Figuren 1 bis 10 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 sowie Detaildarstellungen von Zwischenspeichern 120, Generatormodulen 170 und Absperrmodulen 160 des ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100. Dieses Ausführungsbeispiel ist für die Gewinnung elektrischer Leistungen Bereich von günstigerweise 10 - 500 MW geeignet.

[0068] Die Figuren 11 bis 15 zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 sowie Detaildarstellungen von Zwischenspeichern 120 des zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100. Dieses Ausführungsbeispiel ist für die Gewinnung kleinerer elektrischer Leistungen von günstigerweise 500 kW bis

5 MW geeignet.

[0069] In einem alternativen nicht dargestellten Ausführungsbeispiel sind Kombinationen der dargestellten Ausführungsbeispiele möglich. Des Weiteren sind weitere nicht dargestellte Komponenten möglich.

[0070] Wie aus den Figuren 1 bis 5, 8, und 10 bis 13 ersichtlich ist, sind die dargestellten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 jeweils zur Anordnung in einem Gewässer mit einem Gefälle in einer Schwererichtung zwischen Oberwasser 2 und Unterwasser 4 des Gewässers ausgebildet.

[0071] Die dargestellten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 umfassen jeweils wenigstens drei Zwischenspeicher 120 (Figuren 8 und 14).

[0072] Von den Zwischenspeichern 120 weist jeder ein Verschlusselement 122 zum Oberwasser 2 und ein Verschlusselement 124 zum Unterwasser 4 sowie einen Speicherbereich 128 auf (Figuren 1 bis 5 und 11 bis 13), der sich zwischen den Verschlusselementen 122, 124 erstreckt.

[0073] Die dargestellten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 umfassen weiter wenigstens ein Generatormodul 170, das eine Arbeitskammer 130 aufweist, in der ein Antrieb 134 eines Generators 132 angeordnet ist (Figur 7). Der Antrieb 134 kann beispielsweise eine Turbine oder ein Propeller sein.

[0074] Das erste in Figur 8 dargestellte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 umfasst zwei Generatormodule 170, es ist aber auch eine Ausführung mit nur einem Generatormodul 170 oder mit mehr als zwei Generatormodulen 170 vorstellbar.

[0075] Das zweite in Figur 14 dargestellte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 umfasst ein Generatormodul 170, es ist aber auch eine Ausführung mit mehr als einem Generatormodul 170 vorstellbar.

[0076] Die dargestellten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 umfassen weiter eine Regel- und/oder Steuereinrichtung 180 zum, insbesondere zyklischen, Öffnen des einen der Verschlusselemente 122, 124 und Schließen der anderen der Verschlusselemente 122, 124 jedes der Zwischenspeicher 120 (Figuren 1 und 11).

[0077] Die Zwischenspeicher 120 und das Generatormodul 170 sind in den dargestellten Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 über wenigstens zwei Sammelleitungen 110, 112 fluidisch verbunden. Die eine der Sammelleitungen 110 führt der Arbeitskammer 130 Wasser vom Oberwasser 2 her zu und die andere der Sammelleitungen 112 führt aus der Arbeitskammer 130 Wasser zum Unterwasser 4 hin ab (Figuren 1 bis 8 und 11 bis 15). Die Sammelleitungen 110, 112 führen dabei quer zur Längserstreckung der Zwischenspeicher 120 durch Bereiche der Zwischenspeicher 120 hindurch. Zudem münden die Sammelleitungen 110, 112 in die jeweilige Arbeitskammer 130.

[0078] In einem bestimmungsgemäßen Betrieb ist zu jedem Zeitpunkt wenigstens einer der wenigstens drei Zwischenspeicher 120 in einer ersten Phase. In der ersten Phase ist der entsprechende Zwischenspeicher 120 zum Oberwasser 2 geöffnet und eine der Sammelleitungen 110 zwischen diesem Zwischenspeicher 120 und dem Generatormodul 170 ist freigeschaltet (Figuren 1 bis 3 und 11 bis 12). Die Strömungsrichtung 118 des Wassers (mit Blockpfeilen mit durchgezogenen Linien symbolisiert) in der ersten Phase verläuft innerhalb der Zwischenspeicher 120 vom Verschlusselement 122 im Bereich eines Einlasses 102 des Zwischenspeichers 120 zu der freigegebenen Sammelleitung 110. Von dort strömt das Wasser zur Arbeitskammer 130 des mit dieser Sammelleitung 110 gekoppelten Generatormoduls 170.

[0079] Hierbei ist eine Sammelleitung 110 im dargestellten Ausführungsbeispiel durch Segmente mehrerer Zwischenspeicher 120 gebildet und dadurch mit mehreren Einlässen fluidisch gekoppelt.

[0080] Gleichzeitig ist wenigstens ein anderer der wenigstens drei Zwischenspeicher 120 in einer zweiten Phase, bei dem dieser zum Unterwasser 4 geöffnet ist und eine der Sammelleitungen 112 zwischen Generatormodul 170 und jenem Zwischenspeicher 120 freigeschaltet ist (Figuren 1, 4, 5, 11 und 13). Das Wasser strömt vom Arbeitsraum 130 eines entsprechenden Generatormoduls 170 in eine mit dem Generatormodul 170 gekoppelte Sammelleitung 112. Von dort kann das Wasser in die Zwischenspeicher 120 in der zweiten Phase einströmen. Hierbei ist eine Sammelleitung 112 im dargestellten Ausführungsbeispiel durch Segmente mehrerer Zwischenspeicher 120 gebildet und dadurch mit mehreren Zwischenspeichern 120 fluidisch gekoppelt. Die Strömungsrichtung 119 des Wassers (mit Blockpfeilen mit durchbrochenen Linien symbolisiert) in dem Zwischenspeicher 120 in der zweiten Phase verläuft von der Kopplung mit der Sammelleitung 112 in Richtung des Verschlusselements 124 im Bereich eines Auslasses 104 des Zwischenspeichers 120. Hierbei ist eine Sammelleitung 112 bzw. die Arbeitskammer 130 mit mehreren Zwischenspeichern 120 und dadurch mit mehreren Auslässen 104 fluidisch gekoppelt.

[0081] Während zwei der wenigstens drei Zwischenspeicher 120 in der ersten und zweiten Phase sind, ist ein dritter der wenigstens drei Zwischenspeicher 120 in der ersten oder der zweiten Phase oder in einem Übergang zwischen den Phasen. Es ist damit sichergestellt, dass wenigstens ein Fluidpfad vom Oberwasser 2 durch die Arbeitskammer 130 des Generatormoduls zum Unterwasser 4 zur Verfügung steht.

[0082] In den dargestellten Ausführungsbeispielen werden die Sammelleitungen 110, 112 dadurch ausgebildet, dass die Zwischenspeicher 120 jeweils zwei einander gegenüberliegende Durchbrüche 114, 116 in wenigstens einer Seitenwand sowie wenigstens einen Bereich zwischen den Durchbrüchen 114, 116 und dem Speicherbereich 128 aufweisen, der von dem Speicherbereich 128 abgetrennt ist. Die Durchbrüche 114 sind der

Sammelleitung 110 zugeordnet und die Durchbrüche 116 sind der Sammelleitung 112 zugeordnet. Eine Sammelleitung 110, 112 wird im dargestellten Ausführungsbeispiel gebildet, indem mehrere Zwischenspeicher 120 parallel nebeneinander angeordnet werden und jeweiligen die Durchbrüche 114, 116 sich kongruent überdecken.

[0083] Auch das jeweilige Generatormodul 170 im ersten und zweiten Ausführungsbeispiel sowie das jeweilige Absperrrmodul 160 weisen derartige Durchbrüche 114, 116 in ihren Seitenwänden auf, an die Zwischenspeicher 120 angrenzen, so dass sich die Durchbrüche 114, 116 jeweils kongruent überlappen.

[0084] Dabei zeigt Figur 8 als Frontansicht ein Absperrrmodul 160 nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, während Figur 9 in isometrischer Darstellung das Absperrrmodul 160 aus Figur 8 zeigt. Mit dem zwischen dem an das Generatormodul 170 angrenzenden Zwischenspeicher 120 und dem Generatormodul 170 angeordneten Absperrrmodul 160 kann das Generatormodul 170 beispielsweise zu Wartungszwecken von den Sammelleitungen 110, 112 abgekoppelt werden.

[0085] Dieses weist dazu entsprechende Verschlusselemente 162, 164 zum Absperren und Freigeben der Sammelleitungen 110, 112 auf. Die Verschlusselemente 162, 164 erlauben eine Isolation von Teilbereichen und ermöglichen den Betrieb mit mindestens halber Leistung bei Einfachfehlern oder während Wartungsarbeiten der Wasserkraftanlage 100 oder des Generatormoduls 170.

[0086] Die Regel- und/oder Steuereinrichtung 180 ist dazu eingerichtet, die wenigstens drei Zwischenspeicher 120 zwischen den beiden Phasen zyklisch umzuschalten.

[0087] Durch den alternierenden Betrieb der Verschlusselementen 122, 124 der Zwischenspeicher 120 für die entsprechenden Phasen ist bei entsprechender Schaltung ein kontinuierlicher Betrieb des Generators 132 möglich.

[0088] Die Sammelleitung 110 wird in den dargestellten Ausführungsbeispielen immer von den Zwischenspeichern 120 in Richtung der korrespondierenden Arbeitskammer 130 durchströmt.

[0089] Die Sammelleitung 112 wird in den dargestellten Ausführungsbeispielen immer von der korrespondierenden Arbeitskammer 130 in Richtung der Zwischenspeicher 120 durchströmt.

[0090] Es sind in einer alternativen Ausführung der Wasserkraftanlage 100 auch weitere Sammelleitungen 110, 112 vorstellbar.

[0091] Durch die Sammelleitungen 110, 112 ist die gleichbleibende Strömungsrichtung in der Arbeitskammer 130 umsetzbar. Die Strömungsstärke in den Sammelleitungen 110, 112 ist abhängig von der Anzahl gekoppelter Zwischenspeicher 120. Durch die Sammelleitungen 120 und die Verschlusselemente 122, 124 kann die Arbeitskammer 130 auf zwei Turbinenpfade aufgeteilt werden, die dann für sich nur in der jeweiligen Vorzugsrichtung, d.h. in den Strömungsrichtungen 118, 119,

durchströmt werden.

[0092] Das erste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 unterscheidet sich unter anderem von dem zweiten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage 100 dadurch, dass die Sammelleitungen 110, 112 im ersten Ausführungsbeispiel einen Höhenversatz 129 (nur in Figur 4 beziffert) aufweisen. Dieser Höhenversatz 129 kann im Generatormodul 170 genutzt werden, um Kavitationsrisiken bei der Umwandlung der kinetischen und potentiellen Energie des Wassers in Rotationsenergie des entsprechenden Generators 132 bzw. dessen Antrieb 134 zu verringern. Die Rotationsenergie wird in bekannter Weise in Strom umgewandelt.

[0093] Die Sammelleitungen 110, 112 des zweiten Ausführungsbeispiels (Figuren 11 bis 15 sind im Wesentlichen auf gleicher Höhe angeordnet. Die Umwandlung von Höhenenergie des Wassers in kinetische Energie wird letztlich in den jeweiligen Zwischenspeichern 120 durch den Höhenversatz zwischen Einlass 102 und Auslass 104 umgesetzt. Die Zwischenspeicher 120 weisen im Speicherbereich 128 ein entsprechendes Gefälle auf. Die kinetische Energie des über die entsprechende Sammelleitung 110 zum Arbeitsraum 130 geleiteten Wassers wird ebenfalls in Rotationsenergie des entsprechenden Generators 132 bzw. dessen Antrieb 134 umgewandelt. Die Rotationsenergie wird in bekannter Weise in Strom umgewandelt.

[0094] Wie aus den Figuren 1 bis 5 und 11 bis 13 weiter ersichtlich ist, ist in den dargestellten Ausführungsbeispielen der Wasserkraftanlage 100 zwischen dem Speicherbereich 128 und der Sammelleitung 110, 112 ein Ventil 125, 225, insbesondere ein Rückschlagventil angeordnet. Das Ventil 125 verhindert, dass Wasser entgegen der Vorzugsrichtung (entsprechend der Strömungsrichtung 118) aus der Sammelleitung 110 in die Zwischenspeicher 120 strömt.

[0095] Das Ventil 225 verhindert, dass Wasser entgegen der Vorzugsrichtung (entsprechend der Strömungsrichtung 119) aus den Zwischenspeichern 120 in die Sammelleitung 112 strömt. Die Ventile 125 umfassen in den dargestellten Ausführungsbeispielen passive Klappen, welche durch Wasserdruck zu öffnen oder zu schließen sind. Optional sind auch andere Ausführungen vorstellbar.

[0096] Wie aus den Figuren 2 bis 5, 12 und 13 weiter ersichtlich ist, ist in den dargestellten Ausführungsbeispielen der Wasserkraftanlage 100 der Speicherbereich 128 der jeweiligen Zwischenspeicher 120 zwischen den Verschlusselementen 122, 124 ausgebildet und zu den Sammelleitungen 110, 112 mit wenigstens einer wasserdurchlässigen Abschrmanordnung 126, 226 abgetrennt, etwa ein Feinrechen, ein Netz, ein Sieb oder dergleichen. Die wenigstens eine wasserdurchlässige Abschrmanordnung 126, 226 hält aquatische Organismen und/oder aquatisches Sediment von der wenigstens einen Arbeitskammer 130 ab.

[0097] Hierbei sollte die Durchströmungsgeschwin-

digkeit der wenigstens einen Abschirmanordnung 126, 226 unter einem kritischen Wert liegen, wenn Wasser Richtung Arbeitsraum 130 fließt. Die Gesamtfläche einer Barriere der Abschirmanordnung 126, 226 wird dazu zweckmäßigerweise in den dargestellten Ausführungsbeispielen mindestens so groß gewählt, dass der durchströmte Querschnitt dem des Mindestquerschnitts des Zwischenspeichers 120 entspricht.

[0098] Dadurch ist gewährleistet, dass Lebewesen an der Abschirmanordnung 126, 226 nicht signifikant stärker belastet werden als an den restlichen durch sie passierten Anlagenteilen.

[0099] Die Speicherbereiche 128 der Zwischenspeicher 120 sind zum temporären Speichern von aquatischen Organismen und/oder aquatischem Sediment geeignet, welche in der jeweiligen Phase durch die entsprechenden Verschlusselemente 122, 124 in den Zwischenspeicher 120 und aus dem Zwischenspeicher 120 gelangen können. Da sich die Verschlusselemente 122, 124 der Zwischenspeicher in regelmäßigen Abständen alternierend öffnen, kann der entsprechende Zwischenspeicher 120 von beiden Endbereichen 102, 104 her von aquatischen Organismen durchströmt werden. Aquatisches Sediment durchströmt den Zwischenspeicher 120 üblicherweise in Strömungsrichtung vom oberwasserseitigen Endbereich 102 zum unterwasserseitigen Endbereich 104.

[0100] Das erste Ausführungsbeispiel der Wasserkraftanlage 100 unterscheidet sich unter anderem von dem zweiten Ausführungsbeispiel der Wasserkraftanlage 100 dadurch, dass gemäß des ersten Ausführungsbeispiels jedes Ventil 125, 225 eines Zwischenspeichers 120 mit einer Abschirmanordnung 126, 226 gekoppelt ist.

[0101] Die Abschirmanordnungen 126, 226 trennen den Speicherbereich 128 von den Ventilen 125, 225 und dem Segment des Zwischenspeichers 120 der in Schwererichtung oberen Sammelleitung 110 und dem Segment des Zwischenspeichers 120 der in Schwereichtung unteren Sammelleitung 112 ab. Damit sind im Speicherbereich 128 befindliche Organismen sicher im Speicherbereich 128 gehalten und können nicht in die Bereiche der Segmente der Sammelleitungen 110, 112 im Zwischenspeicher 120 oder die Ventile 125, 225 gelangen.

[0102] Im ersten Ausführungsbeispiel weisen die Zwischenspeicher 120 demnach zwei abgetrennte Segmente für Sammelleitungen 110, 112 auf. Ein Segment der Sammelleitung 110 ist im oberen Bereich gegenüberliegend zum Verschlusselement 122 angeordnet. Ein Segment der Sammelleitung 112 ist im unteren Bereich gegenüberliegend zum Verschlusselement 124 angeordnet. Vor jedem Ventil 125, 225 ist jeweils eine Abschirmanordnung 126, 226 angeordnet. Dieser Bereich oder diese Bereiche der Zwischenspeicher 120 sind durch die Ventile 125, 225 von dem Speicherbereich 128 abgetrennt.

[0103] Im zweiten Ausführungsbeispiel weisen die Zwischenspeicher 120 einen oberen Bereich auf, wel-

cher in zwei Segmente aufgeteilt ist, welche jeweils durch ein Ventil 125, 225, insbesondere Rückschlagventil, von dem Speicherbereich 128 abgetrennt sind, wobei ein Segment ein Segment der Sammelleitung 110 ausbildet und ein Segment ein Segment der Sammelleitung 112 ausbildet. Vor den Ventilen 125, 225 ist eine diesen gemeinsame Abschirmanordnung 126 angeordnet, welche verhindert, dass Sediment oder Lebewesen durch eines die Ventile in die Sammelleitungen gelangen können. Die Durchbrüche 114, 116 in der Seitenwand des Zwischenspeichers 120 sind auf gleicher Höhe angeordnet.

[0104] Mit Vorteil können die Zwischenspeicher 120 als gleichartige Module aufgebaut sein, mit einem Verschlusselement 122 zum Oberwasser 2, einem Verschlusselement 124 zum Unterwasser 4, einem Speicherbereich 128 zwischen den Verschlusselementen 122, 124 sowie einem ersten Durchbruch 114 in einer Seitenwand sowie einem zweiten Durchbruch 116 in derselben Seitenwand. Weiterhin sind Ventile 125, 225 vorhanden.

[0105] In der ersten Ausführungsform mit höhenversetzten Durchbrüchen 114, 116 sind zwei Abschirmvorrichtungen 126, 226 vorhanden, so dass der Speicherbereich 128 durch eine obere und eine untere Abschirmvorrichtung 126, 226 von den Durchbrüchen 114, 116 und den Ventilen 125, 225 abgetrennt ist.

[0106] In der zweiten Ausführungsform mit Durchbrüchen 114, 116 auf gleicher Höhe ist eine Abschirmvorrichtungen 126 vorhanden, so dass der Speicherbereich 128 durch die obere Abschirmvorrichtung 126 von den Durchbrüchen 114, 116 und den Ventilen 125, 225 abgetrennt ist.

[0107] Figur 16 zeigt ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Wasserkraftanlage wobei eine Regel- und/oder Steuereinrichtung 180 wenigstens drei Zwischenspeicher 120 betreibt, von denen jeder ein Verschlusselement 122 zum Oberwasser 2 und ein Verschlusselement 124 zum Unterwasser 4 sowie einen Speicherbereich 128 aufweist.

[0108] In einem ersten Schritt S100 befindet sich bei einer Gruppe von wenigstens drei Zwischenspeichern 120 einer der Zwischenspeicher 120 in einer ersten Phase, bei dem das Verschlusselement 122 zum Oberwasser 2 geöffnet ist und das Verschlusselement 124 zum Unterwasser 4 geschlossen ist. Ein anderer Zwischenspeicher 120 der Gruppe befindet sich in einer zweiten Phase, bei dem das Verschlusselement 122 zum Oberwasser 2 geschlossen ist und das Verschlusselement 124 zum Unterwasser 4 geöffnet ist.

[0109] Jeder weitere Zwischenspeicher 120 der Gruppe befindet sich in der ersten Phase oder zweiten Phase, wobei die Summe der Richtung Oberwasser geöffneten Zwischenspeicher idealerweise gleich oder größer der Summe der Richtung Unterwasser geöffneten Speicher ist.

[0110] In Schritt S102 wird geprüft, ob ein Umschalten erforderlich ist. Die Abfrage erfolgt vorzugsweise zyklisch.

lisch, wobei die Rate von der Anzahl der installierten Zwischenspeicher abhängt. Die Überprüfung muss so häufig erfolgen, dass eine Umschaltung jedes einzelnen Zwischenspeichers im Abstand einiger Minuten möglich ist.

[0111] Ist kein Umschalten erforderlich ("n" im Flussdiagramm) springt der Ablauf zurück zu Schritt S100.

[0112] Falls ja ("j" im Flussdiagramm), erfolgt in Schritt S104 zunächst ein Schließen der Ventile 122 und 124 eines Zwischenspeichers 120. Der Zeitpunkt des Umschaltens wird jeweils so gewählt, dass stets einer der Zwischenspeicher 120 zum Oberwasser 2 und einer der Zwischenspeicher 120 zum Unterwasser 4 geöffnet ist und ein Fluidpfad für das Wasser über das Generatormodul 170 vorliegt.

[0113] In Schritt S106 wird nun eines der Ventile 122 und 124 des Zwischenspeichers 120, dessen Ventile im vorhergehenden Schritt geschlossen wurden, so geöffnet, dass sich dieser Zwischenspeicher 120 gegenüber dem Zustand in Schritt S102 in der anderen Phase befindet.

[0114] Die Frequenz, mit der ein Umschalten der Zwischenspeicher erfolgt, kann vorteilhaft an eine Sedimentbeladung des Gewässers und/oder eine Dichte von Fischbewegungen und/oder anderer Organismen im Gewässer, angepasst werden.

Bezugszeichen

[0115]

2	Oberwasser	
4	Unterwasser	
100	Wasserkraftanlage	
102	Zulauf	
104	Ablauf	
110	Sammelleitung	
112	Sammelleitung	
114	Wanddurchbruch	
116	Wanddurchbruch	
118	erste Phase Strömungsrichtung	
119	zweite Phase Strömungsrichtung	
120	Zwischenspeicher	
122	Verschlusselement	
124	Verschlusselement	
125	Ventil	
225	Ventil	
126	Abschirmanordnung	
226	Abschirmanordnung	
128	Speicherbereich	
129	Höhenversatz	
130	Arbeitskammer	
132	Generator	
134	Antrieb (Propeller, Turbine)	
150	Staumauer	
160	Absperrmodul	
162	Absperrelement	

164	Absperrelement
170	Generatormodul
180	Regel- und/oder Steuereinrichtung

5 Patentansprüche

1. Wasserkraftanlage (100), die zur Anordnung in einem Gewässer mit einem Gefälle in einer Schwere- richtung zwischen Oberwasser (2) und Unterwasser (4) des Gewässers ausgebildet ist, umfassend

wenigstens drei Zwischenspeicher (120), von denen jeder ein Verschlusselement (122) zum Oberwasser (2) und ein Verschlusselement (124) zum Unterwasser (4) sowie einen Speicherbereich (128) aufweist, wenigstens ein Generatormodul (170), das eine Arbeitskammer (130) aufweist, in der ein Antrieb (134) eines Generators (132) angeordnet ist, sowie eine Regel- und/oder Steuereinrichtung (180) zum, insbesondere zyklischen, Öffnen des einen der Verschlusselemente (122, 124) und Schließen der anderen der Verschlusselemente (122, 124) jedes der Zwischenspeicher (120),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zwischenspeicher (120) und das Generatormodul (170) über wenigstens zwei Sammelleitungen (110, 112) fluidisch verbunden sind, wobei die eine der Sammelleitungen (110, 112) der Arbeitskammer (130) Wasser vom Oberwasser (2) her zuführt und die andere der Sammelleitungen (112, 110) aus der Arbeitskammer (130) Wasser zum Unterwasser (4) hin abführt, wobei in einem bestimmungsgemäßen Betrieb zu jedem Zeitpunkt wenigstens einer der wenigstens drei Zwischenspeicher (120) in einer ersten Phase ist, in welcher dieser wenigstens eine Zwischenspeicher (120) zum Oberwasser (2) geöffnet ist und eine der Sammelleitungen (110) zwischen diesem Zwischenspeicher (120) und dem Generatormodul (170) freigeschaltet ist und gleichzeitig wenigstens ein anderer der wenigstens drei Zwischenspeicher (120) in einer zweiten Phase ist, in welcher dieser wenigstens eine Zwischenspeicher (120) zum Unterwasser (4) geöffnet ist und eine der Sammelleitungen (112) zwischen Generatormodul (170) und jenem Zwischenspeicher (120) freigeschaltet ist, während wenigstens ein dritter der wenigstens drei Zwischenspeicher (120) in der ersten oder der zweiten Phase oder in einem Übergang zwischen den Phasen ist, wobei die Regel- und/oder Steuereinrichtung (180) dazu eingerichtet ist, die wenigstens drei Zwischenspeicher (120) zwischen der ersten und zweiten Phasen zyklisch umzuschalten.

2. Wasserkraftanlage nach Anspruch 1, wobei zwischen dem Speicherbereich (128) und der Sammelleitung (110, 112) ein Ventil (125, 225), insbesondere ein Rückschlagventil, angeordnet ist.
3. Wasserkraftanlage nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Speicherbereich (128) zwischen den Verschlusselementen (122, 124) ausgebildet ist und zu den Sammelleitungen (110, 112) mit wenigstens einer wasserdurchlässigen Abschrmanordnung (126) abgetrennt ist.
4. Wasserkraftanlage nach Anspruch 3, wobei eine gemeinsame Abschrmanordnung (126) für zwei Ventile (125, 225), insbesondere Rückschlagventile, wenigstens eines der Zwischenspeicher (120) vorhanden ist, insbesondere bei einer Anordnung der mit dem Oberwasser (2) und dem Unterwasser (4) verbundenen oder verbindbaren Sammelleitungen (110, 112) auf gleicher Höhe.
5. Wasserkraftanlage nach Anspruch 3 oder 4, wobei für jedes Ventil (125, 225) wenigstens eines der Zwischenspeicher (120) eine separate Abschrmanordnung (126) vorhanden ist, insbesondere bei einer Anordnung der mit dem Oberwasser (2) und dem Unterwasser (4) verbundenen oder verbindbaren Sammelleitungen (110, 112) mit einem Höhenversatz (129).
6. Wasserkraftanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Ventile (125) passive Klappen umfassen, welche durch Wasserdruck zu öffnen oder zu schließen sind.
7. Wasserkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sammelleitungen (110, 112) quer zu den Zwischenspeichern (120) angeordnet sind, insbesondere durch durchgehende Öffnungen von aneinandergefügten Zwischenspeichern (120) gebildet sind.
8. Wasserkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem an das Generatormodul (170) angrenzende Zwischenspeicher (120) und dem Generatormodul (170) ein Absperrmodul (160) angeordnet ist, welches Verschlusselemente (162, 164) zum Absperrern und Freigeben der Sammelleitungen (110, 112) aufweist.
9. Wasserkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenspeicher (120) gleichartig ausgebildet sind mit einem Verschlusselement (122) zum Oberwasser (2), einem Verschlusselement (124) zum Unterwasser (4), einem Speicherbereich (128) zwischen den Verschlusselementen (122, 124), sowie zwei Durchbrüchen (114, 116) in wenigstens einer Seitenwand, sowie wenigstens einem Bereich zwischen den Durchbrüchen (114, 116) und dem Speicherbereich (128), wobei der wenigstens eine Bereich ein Segment der jeweiligen Sammelleitungen (110, 112) bildet.
10. Wasserkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zwischenspeicher (120) an ihrem Zulauf (102) jeweils eine Zuleitung aufweisen, welche insbesondere vom Absperrerelement zum Oberwasser (2) in die Höhe ragt.
11. Wasserkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das wenigstens eine Generatormodul (170) zwischen einer Mehrzahl von Zwischenspeichern (120) angeordnet ist.
12. Wasserkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Generatormodul (170) einseitig an einer Mehrzahl von Zwischenspeichern (120) angeordnet ist.
13. Wasserkraftanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens zwei Generatormodule (170) mit einer Mehrzahl von Zwischenspeichern (120) gekoppelt sind.
14. Verfahren zum Betreiben einer Wasserkraftanlage (100) in einem Gewässer mit einem Gefälle in einer Schwererichtung zwischen Oberwasser (2) und Unterwasser (4), nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- eine Regel- und/oder Steuereinrichtung (180) wenigstens drei Zwischenspeicher (120) betreibt, von denen jeder ein Verschlusselement (122) zum Oberwasser (2) und ein Verschlusselement (124) zum Unterwasser (4) sowie einen Speicherbereich (128) aufweist, in einem bestimmungsgemäßen Betrieb wird zu jedem Zeitpunkt wenigstens einer der wenigstens drei Zwischenspeicher (120) in einer ersten Phase zum Oberwasser (2) offengehalten und über eine Sammelleitung (110) fließt Wasser zwischen diesem Zwischenspeicher (120) und Generatormodul (170) und gleichzeitig wird wenigstens ein anderer der wenigstens drei Zwischenspeicher (120) in einer zweiten Phase zum Unterwasser (4) offengehalten und über eine Sammelleitung (114) fließt Wasser zwischen Generatormodul (170) und jenem Zwischenspeicher (120), während der dritte der wenigstens drei Zwischenspeicher (120) in der ersten oder zweiten Phase offengehalten wird oder ein Übergang zwischen den Phasen durchführt wird, wobei die Regel- und/oder Steuereinrichtung (180) die wenigstens drei Zwischenspeicher (120) zwischen der ersten und zweiten Phasen

zyklisch umschaltet.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei ein zyklisches Umschalten der Verschlusselemente (122, 124) im Minutenbereich erfolgt.

Claims

1. Hydropower system (100), which is designed to be arranged in a body of water with a gradient in a direction of gravity between upstream water (2) and downstream water (4) of the body of water, comprising

at least three intermediate reservoirs (120), of which each has a closing element (122) for the upstream water (2) and a closing element (124) for the downstream water (4), as well as a storage area (128),

at least one generator module (170), which has a working chamber (130), in which a drive (134) of a generator (132) is arranged,

as well as a regulating and/or control device (180) for, in particular cyclically, opening the one of the closing elements (122, 124) and closing the other of the closing elements (122, 124) of each of the intermediate reservoirs (120),

characterized in that

the intermediate reservoirs (120) and the generator module (170) are fluidly connected via at least two collecting pipes (110, 112), wherein the one of the collecting pipes (110, 112) of the working chamber (130) supplies water from the upstream water (2) and the other of the collecting pipes (112, 110) discharges water from the working chamber (130) to the downstream water (4),

wherein at any time, in normal operation, at least one of the at least three intermediate reservoirs (120) is in a first phase, in which this at least one of the intermediate reservoirs (120) is open to the upstream water (2) and one of the collecting pipes (110) between this intermediate reservoir (120) and the generator module (170) is unlocked and, simultaneously, at least one other of the at least three intermediate reservoirs (120) is in a second phase, in which this at least one of the intermediate reservoirs (120) is open to the downstream water (4) and one of the collecting pipes (112) between the generator module (170) and that intermediate reservoir (120) is unlocked, while at least a third of the at least three intermediate reservoirs (120) is in the first or the second phase or in a transition between the phases,

wherein the regulating and/or control device

(180) is configured to cyclically switch the at least three intermediate reservoirs (120) between the first and second phases.

2. Hydropower system according to claim 1, wherein a valve (125, 225), in particular a non-return valve, is arranged between the storage area (128) and the collecting pipe (110, 112).
3. Hydropower system according to claim 1 or 2, wherein the storage area (128) is formed between the closing elements (122, 124) and is separated from the collecting pipes (110, 112) with at least one water-permeable shielding arrangement (126).
4. Hydropower system according to claim 3, wherein there is a common shielding arrangement (126) for two valves (125, 225), in particular non-return valves, of at least one of the intermediate reservoirs (120), in particular with an arrangement of the collecting pipes (110, 112), which are connected or can be connected to the upstream water (2) and the downstream water (4), at the same height.
5. Hydropower system according to claim 3 or 4, wherein there is a separate shielding arrangement (126) for each valve (125, 225) of at least one of the intermediate reservoirs (120), in particular with an arrangement of the collecting pipes (110, 112), which are connected or can be connected to the upstream water (2) and the downstream water (4), with a height offset (129).
6. Hydropower system according to any one of claims 2 to 5, wherein the valves (125) comprise passive flaps to be opened or closed by water pressure.
7. Hydropower system according to any one of the preceding claims, wherein the collecting pipes (110, 112) are arranged transversely to the intermediate reservoirs (120), in particular are formed by continuous openings of intermediate reservoirs (120) joined to one another.
8. Hydropower system according to any one of the preceding claims, wherein a shut-off module (160) is arranged between the intermediate reservoir (120) adjacent to the generator module (170) and the generator module (170), which shut-off module (160) has closing elements (162, 164) for shutting off and enabling the collecting pipes (110, 112).
9. Hydropower system according to any one of the preceding claims, wherein the intermediate reservoirs (120) are of the same design with a closing element (122) for the upstream water (2), a closing element (124) for the downstream water (4), a storage area (128) between the closing elements (122,

124), as well as two openings (114, 116) in at least one side wall, as well as at least one region between the openings (114, 116) and the storage area (128), wherein the at least one region forms a segment of the respective collecting pipes (110, 112).

10. Hydropower system according to any one of the preceding claims, wherein the intermediate reservoirs (120) each have a supply line at their inlet (102), which extend upwards, in particular, from the shut-off element to the upstream water (2).
11. Hydropower system according to any one of the preceding claims, wherein the at least one generator module (170) is arranged between a plurality of intermediate reservoirs (120).
12. Hydropower system according to any of claims 1 to 10, wherein the generator module (170) is arranged on one side on a plurality of intermediate reservoirs (120).
13. Hydropower system according to any one of the preceding claims, wherein at least two generator modules (170) are coupled to a plurality of intermediate reservoirs (120).
14. Method for operating a hydropower system (100) in a body of water with a gradient in a direction of gravity between upstream water (2) and downstream water (4), according to any one of the preceding claims, wherein

a regulating and/or control device (180) operates at least three intermediate reservoirs (120), of which each has a closing element (122) for the upstream water (2) and a closing element (124) for the downstream water (4), as well as storage area (128),

at any time, in normal operation, at least one of the at least three intermediate reservoirs (120) is kept open in a first phase to the upstream water (2) and water flows via a collecting pipe (110) between this intermediate reservoir (120) and the generator module (170) and, simultaneously, at least one other of the at least three intermediate reservoirs (120) is kept open in a second phase to the downstream water (4) and water flows via a collecting pipe (114) between the generator module (170) and that intermediate reservoir (120), while the third of the at least three intermediate reservoirs (120) is kept open in the first or second phase or a transition between the phases is performed,

wherein the regulating and/or control device (180) cyclically switches the at least three intermediate reservoirs (120) between the first and second phases.

15. Method according to claim 14, wherein cyclical switching of the closing elements (122, 124) takes place in minutes.

Revendications

1. Installation hydroélectrique (100), qui est conçue pour être disposée dans un cours d'eau avec une pente dans une direction de gravité entre de l'eau d'amont (2) et de l'eau d'aval (4) du cours d'eau, comprenant

au moins trois accumulateurs intermédiaires (120), dont chacun présente un élément de fermeture (122) vers de l'eau d'amont (2) et un élément de fermeture (124) vers de l'eau d'aval (4) ainsi qu'une zone de stockage (128), au moins un module de générateur (170) qui présente une chambre de travail (130) dans laquelle un entraînement (134) d'un générateur (132) est disposé,

ainsi qu'un appareil de régulation et/ou de commande (180) pour ouvrir, en particulier de manière cyclique, l'un des éléments de fermeture (122, 124) et fermer l'autre des éléments de fermeture (122, 124) de chacun des accumulateurs intermédiaires (120),

caractérisée en ce que

les accumulateurs intermédiaires (120) et le module de générateur (170) sont connectés fluidiquement par au moins deux conduites collectrices (110, 112), dans laquelle l'une des conduites collectrices (110, 112) amène de l'eau à la chambre de travail (130) à partir de l'eau d'amont (2) et l'autre des conduites collectrices (112, 110) évacue de l'eau de la chambre de travail (130) vers l'eau d'aval (4), dans laquelle au moins l'un des au moins trois accumulateurs intermédiaires (120) est à tout moment dans une première phase lors d'un fonctionnement conforme dans laquelle cet au moins un accumulateur intermédiaire (120) est ouvert vers l'eau d'amont (2) et l'une des conduites collectrices (110) entre cet accumulateur intermédiaire (120) et le module de générateur (170) est libérée et, simultanément, au moins un autre des au moins trois accumulateurs intermédiaires (120) est dans une deuxième phase dans laquelle cet au moins un accumulateur intermédiaire (120) est ouvert vers l'eau d'aval (4) et l'une des conduites collectrices (112) entre le module de générateur (170) et cet accumulateur intermédiaire (120) est libérée, pendant qu'au moins un troisième des au moins trois accumulateurs intermédiaires (120) est dans la première ou la deuxième phase ou dans une transition entre les phases,

- dans laquelle l'appareil de régulation et/ou de commande (180) est configuré pour commuter de manière cyclique les au moins trois accumulateurs intermédiaires (120) entre la première et la deuxième phase.
2. Centrale hydroélectrique selon la revendication 1, dans laquelle une vanne (125, 225), en particulier un clapet de retenue, est disposée entre la zone de stockage (128) et la conduite collectrice (110, 112). 10
 3. Centrale hydroélectrique selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la zone de stockage (128) est formée entre les éléments de fermeture (122, 124) et est séparée des conduites collectrices (110, 112) par au moins un agencement de blindage (126) perméable à l'eau. 15
 4. Centrale hydroélectrique selon la revendication 3, dans laquelle un agencement de blindage (126) commun est présent pour deux vannes (125, 225), en particulier des clapets de retenue, d'au moins l'un des accumulateurs intermédiaires (120), en particulier dans le cas d'un agencement des conduites collectrices (110, 112) raccordées ou pouvant être raccordées à l'eau d'amont (2) et à l'eau d'aval (4) à la même hauteur. 20 25
 5. Centrale hydroélectrique selon la revendication 3 ou 4, dans laquelle un agencement de blindage (126) séparé est présent pour chaque vanne (125, 225) d'au moins l'un des accumulateurs intermédiaires (120), en particulier dans le cas d'un agencement des conduites collectrices (110, 112) raccordées ou pouvant être raccordées à l'eau d'amont (2) et à l'eau d'aval (4) avec un déport de hauteur (129). 30
 6. Centrale hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans laquelle les vannes (125) comprennent des clapets passifs qui sont destinés à être ouverts ou fermés par la pression d'eau. 35
 7. Centrale hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les conduites collectrices (110, 112) sont disposées transversalement aux accumulateurs intermédiaires (120), en particulier formées par des ouvertures traversantes d'accumulateurs intermédiaires (120) accolés les uns aux autres. 40 45
 8. Centrale hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle un module d'obturation (160) est disposé entre l'accumulateur intermédiaire (120) adjacent au module de générateur (170) et le module de générateur (170), lequel module d'obturation présente des éléments de fermeture (162, 164) pour obturer et libérer les conduites collectrices (110, 112). 50 55
 9. Centrale hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les accumulateurs intermédiaires (120) sont conçus de manière similaire avec un élément de fermeture (122) pour l'eau d'amont (2), un élément de fermeture (124) pour l'eau d'aval (4), une zone de stockage (128) entre les éléments de fermeture (122, 124), ainsi que deux perçages (114, 116) dans au moins une paroi latérale, ainsi qu'au moins une zone entre les perçages (114, 116) et la zone de stockage (128), dans laquelle la au moins une zone forme un segment des conduites collectrices (110, 112) respectives. 5
 10. Centrale hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les accumulateurs intermédiaires (120) présentent respectivement à leur arrivée (102) une conduite d'alimentation qui s'étend en hauteur, en particulier à partir de l'élément d'obturation jusqu'à l'eau d'amont (2). 10
 11. Installation hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le au moins un module de générateur (170) est disposé entre une pluralité d'accumulateurs intermédiaires (120). 25
 12. Centrale hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle le module de générateur (170) est disposé d'un côté d'une pluralité d'accumulateurs intermédiaires (120). 30
 13. Centrale hydroélectrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins deux modules de générateur (170) sont couplés à une pluralité d'accumulateurs intermédiaires (120). 35
 14. Procédé de fonctionnement d'une installation hydroélectrique (100) dans un cours d'eau avec une pente dans une direction de gravité entre de l'eau d'amont (2) et de l'eau d'aval (4), selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel 40 45 50 55

un appareil de régulation et/ou de commande (180) fait fonctionner au moins trois accumulateurs intermédiaires (120), dont chacun présente un élément de fermeture (122) vers l'eau d'amont (2) et un élément de fermeture (124) vers l'eau d'aval (4) ainsi qu'une zone de stockage (128), au moins l'un des au moins trois accumulateurs intermédiaires (120) est maintenu ouvert à tout moment dans une première phase, dans un fonctionnement conforme, vers l'eau d'amont (2) et de l'eau s'écoule par l'intermédiaire d'une conduite collectrice (110) entre cet accumula-

teur intermédiaire (120) et le module de géné-
rateur (170) et, simultanément, au moins un
autre des au moins trois accumulateurs inter-
médiaires (120) est maintenu ouvert dans une
deuxième phase vers l'eau d'aval (4) et de l'eau 5
s'écoule par l'intermédiaire d'une conduite col-
lectrice (114) entre le module de générateur
(170) et cet accumulateur intermédiaire (120),
pendant que le troisième des au moins trois
accumulateurs intermédiaires (120) est mainte- 10
nu ouvert dans la première ou la deuxième
phase ou qu'une transition est effectuée entre
les phases,
dans laquelle l'appareil de régulation et/ou de 15
commande (180) commute de manière cyclique
les au moins trois accumulateurs intermédiaires
(120) entre la première et la deuxième phase.

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel une
commutation cyclique des éléments de fermeture 20
(122, 124) s'effectue en quelques minutes.

25

30

35

40

45

50

55

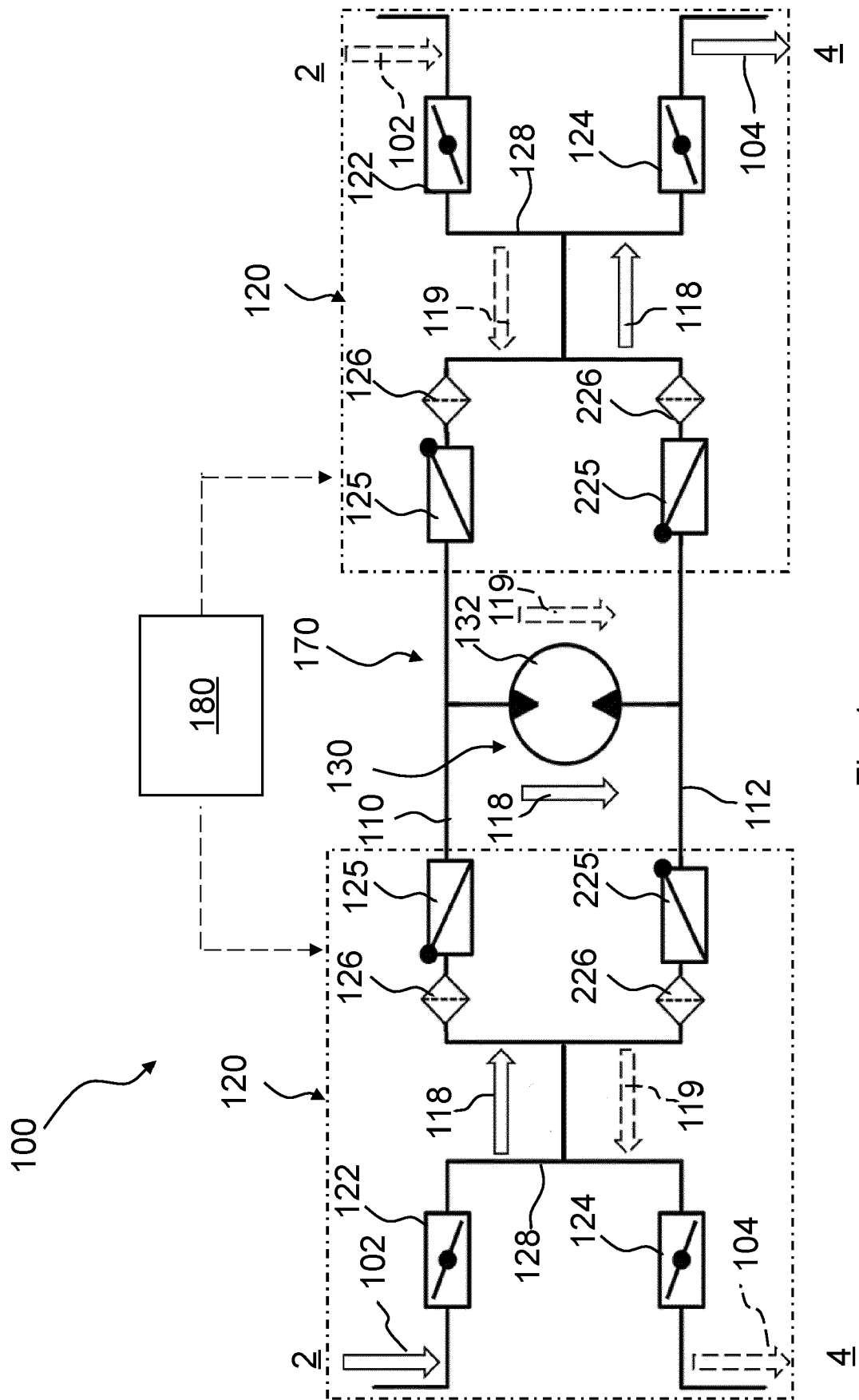


Fig. 1

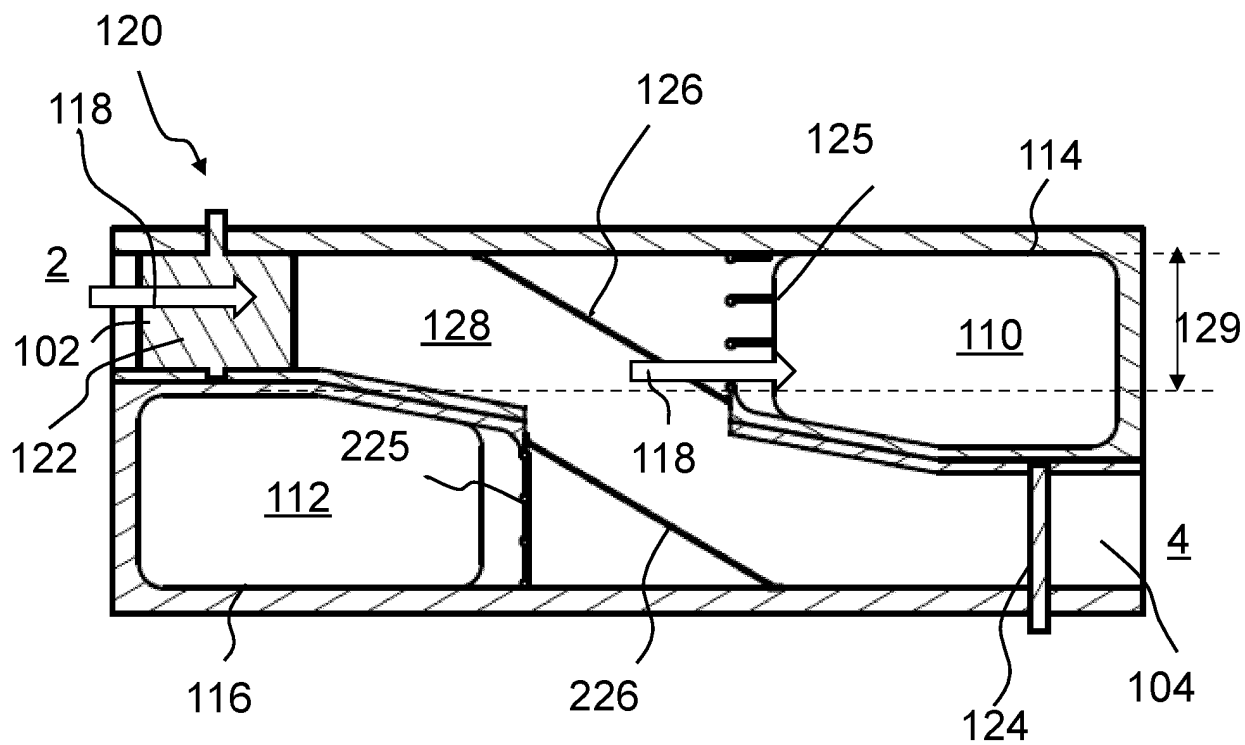


Fig. 2

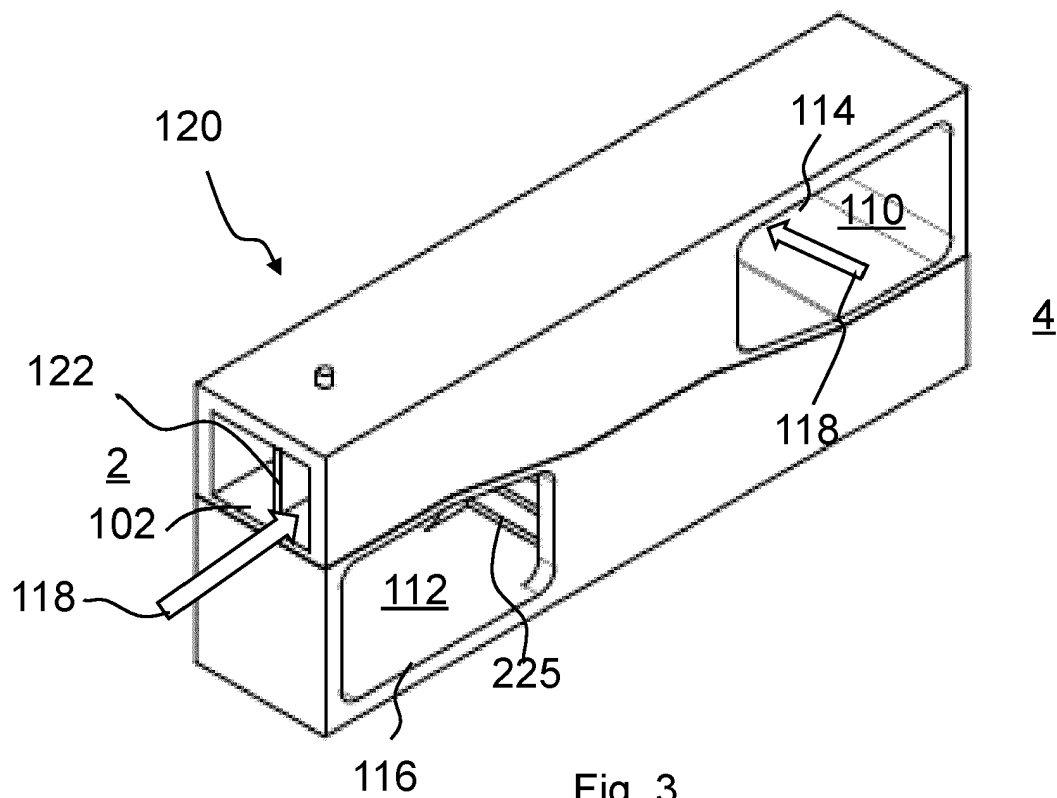


Fig. 3

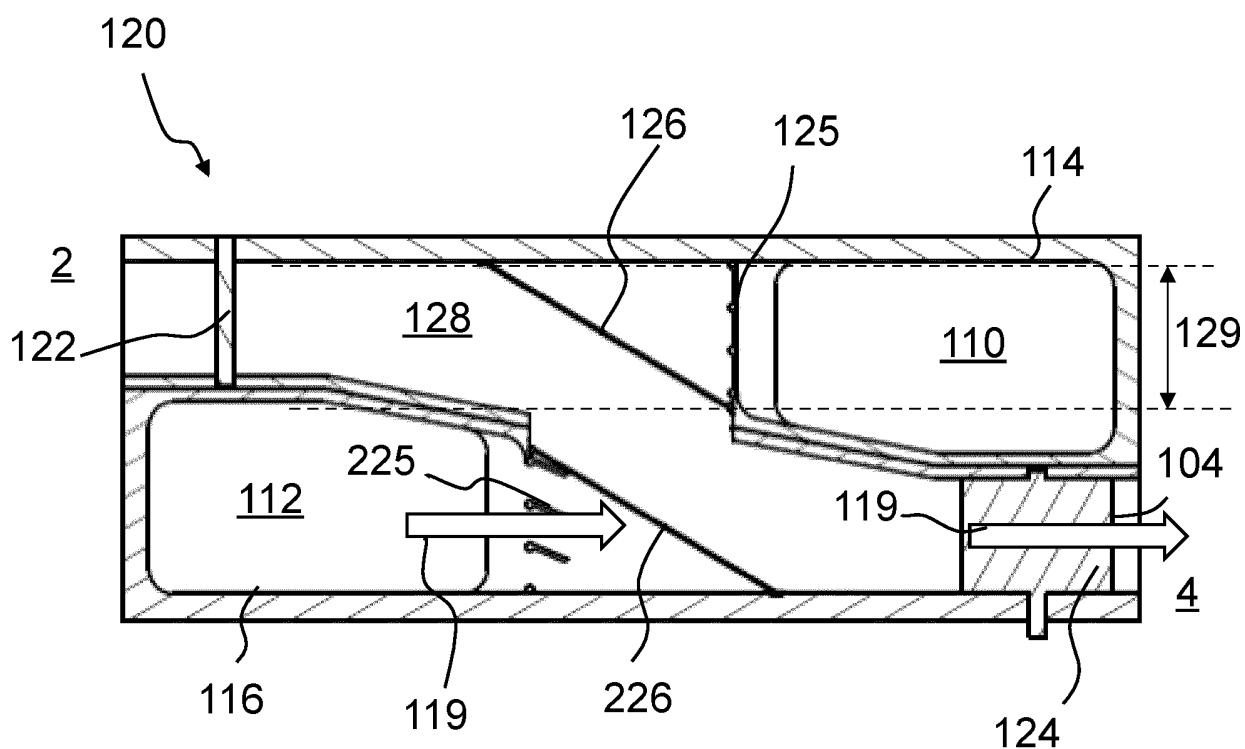


Fig. 4

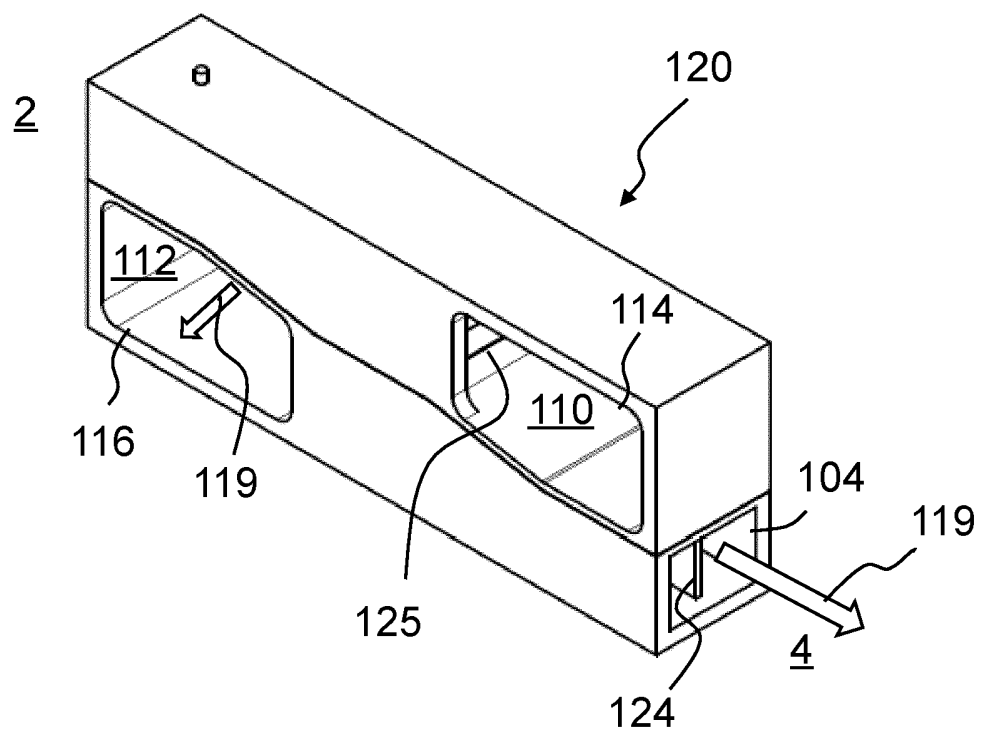


Fig. 5

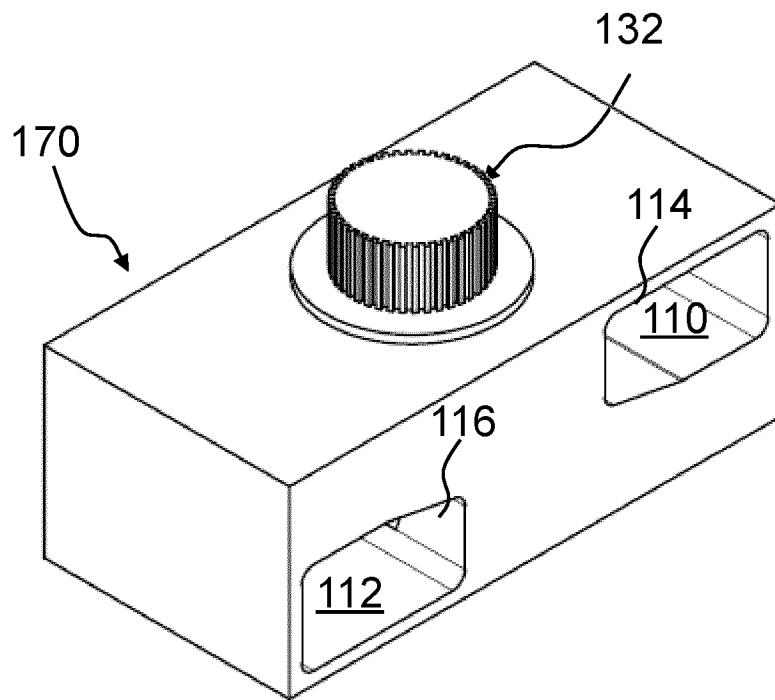


Fig. 6

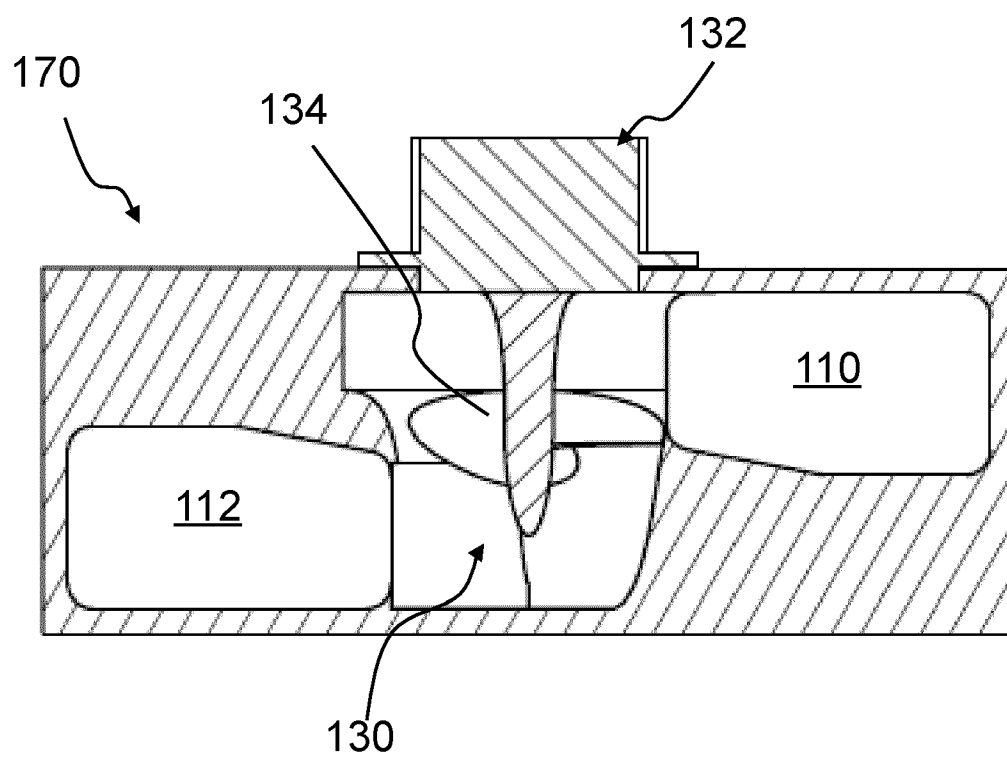


Fig. 7

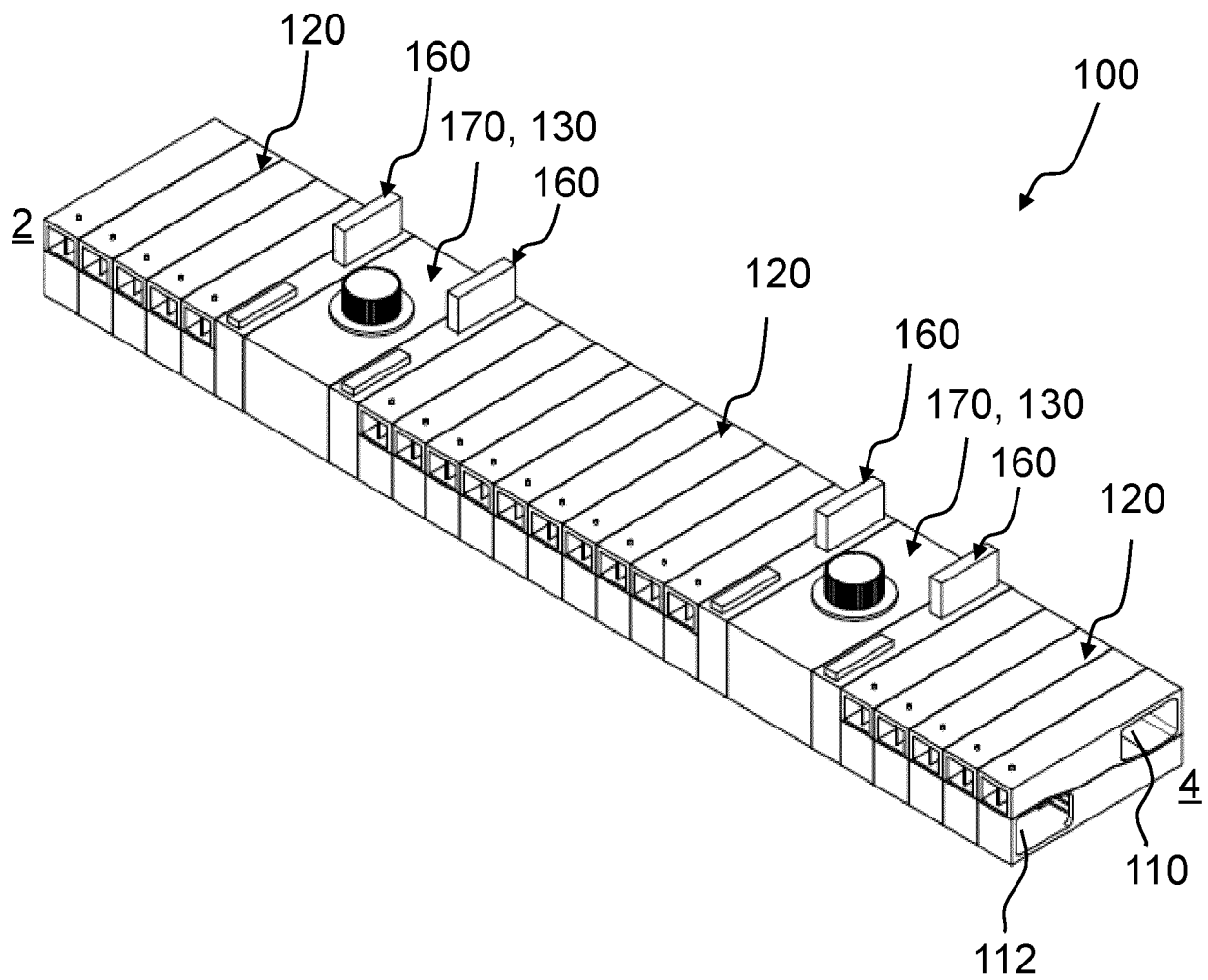


Fig. 8

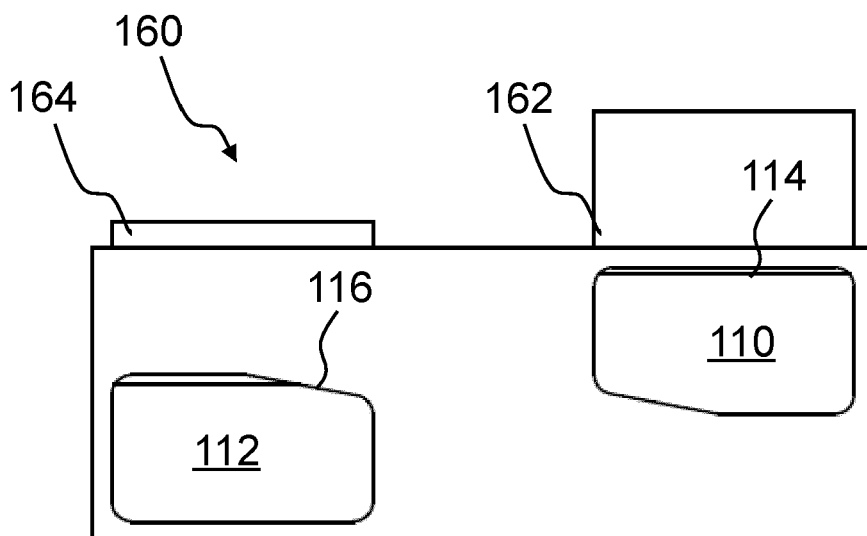


Fig. 9

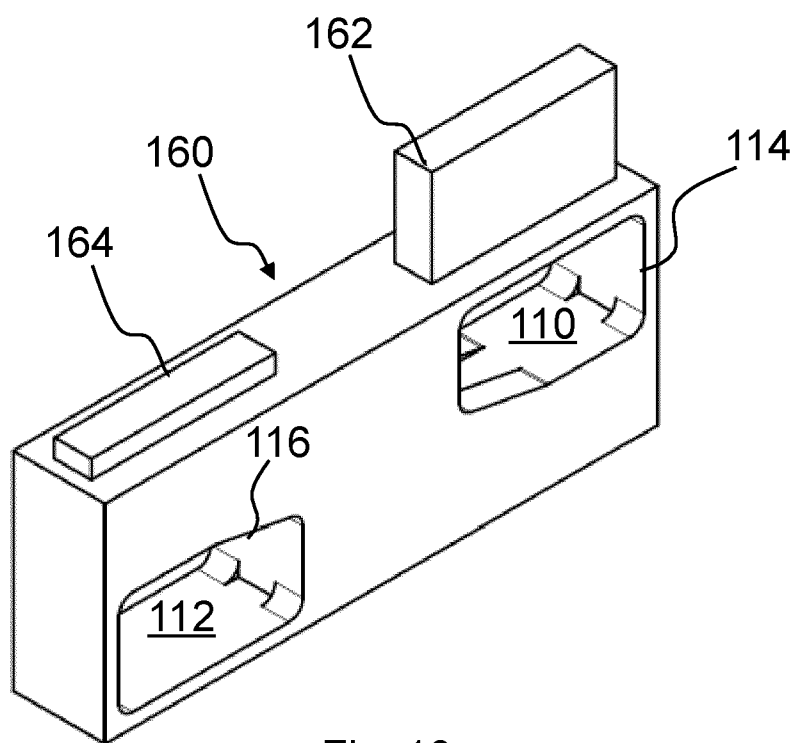
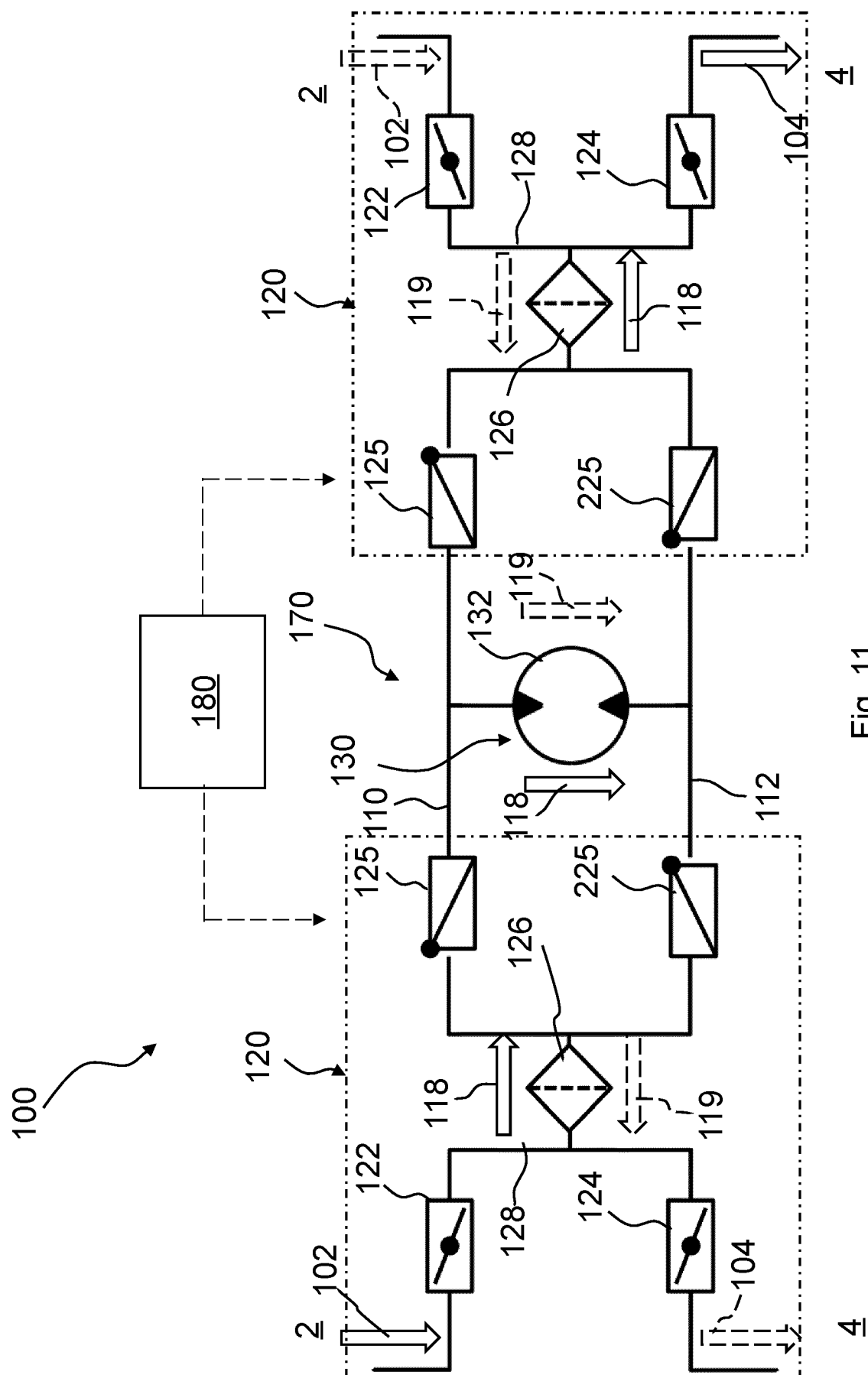


Fig. 10



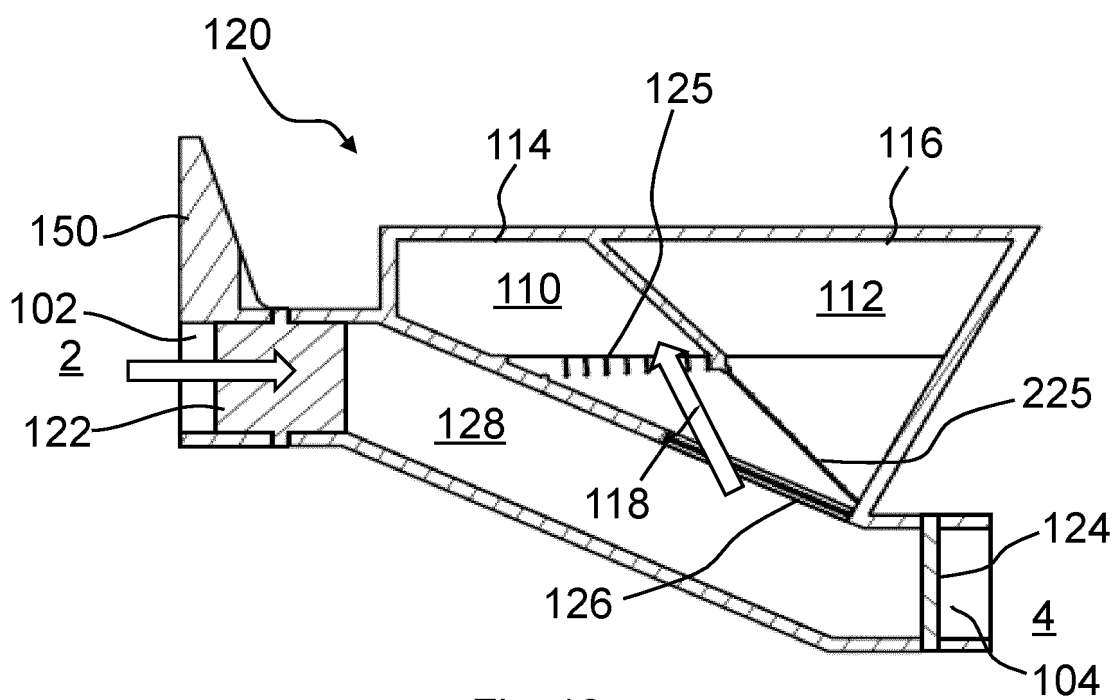


Fig. 12

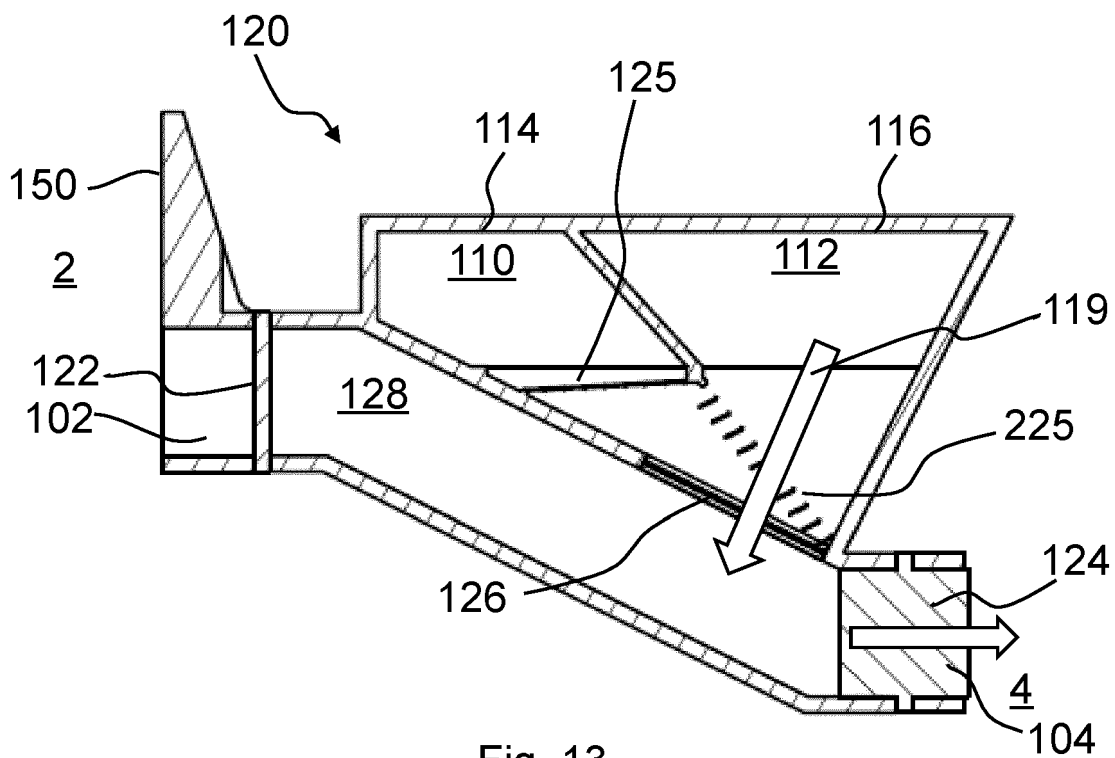


Fig. 13

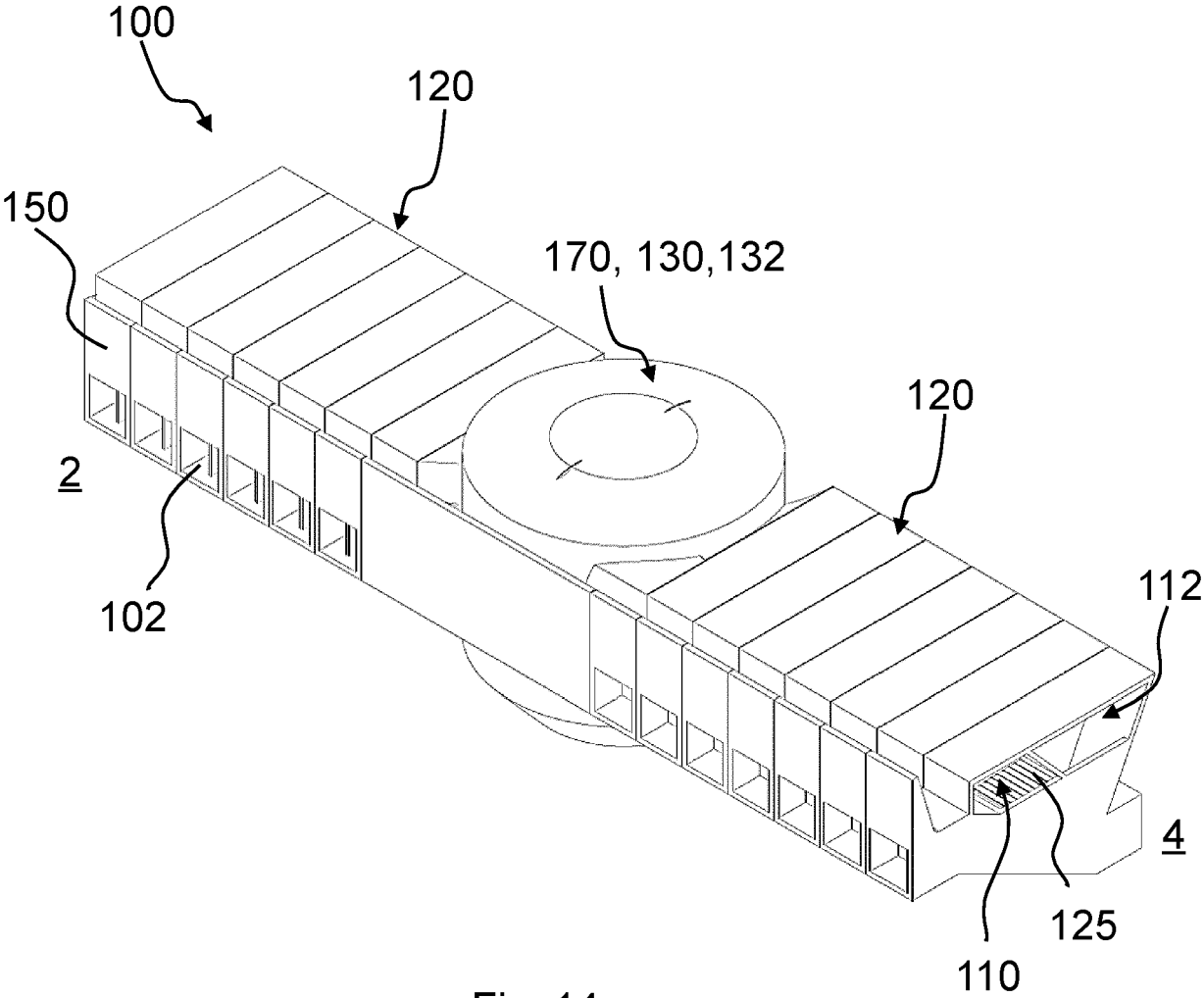


Fig. 14

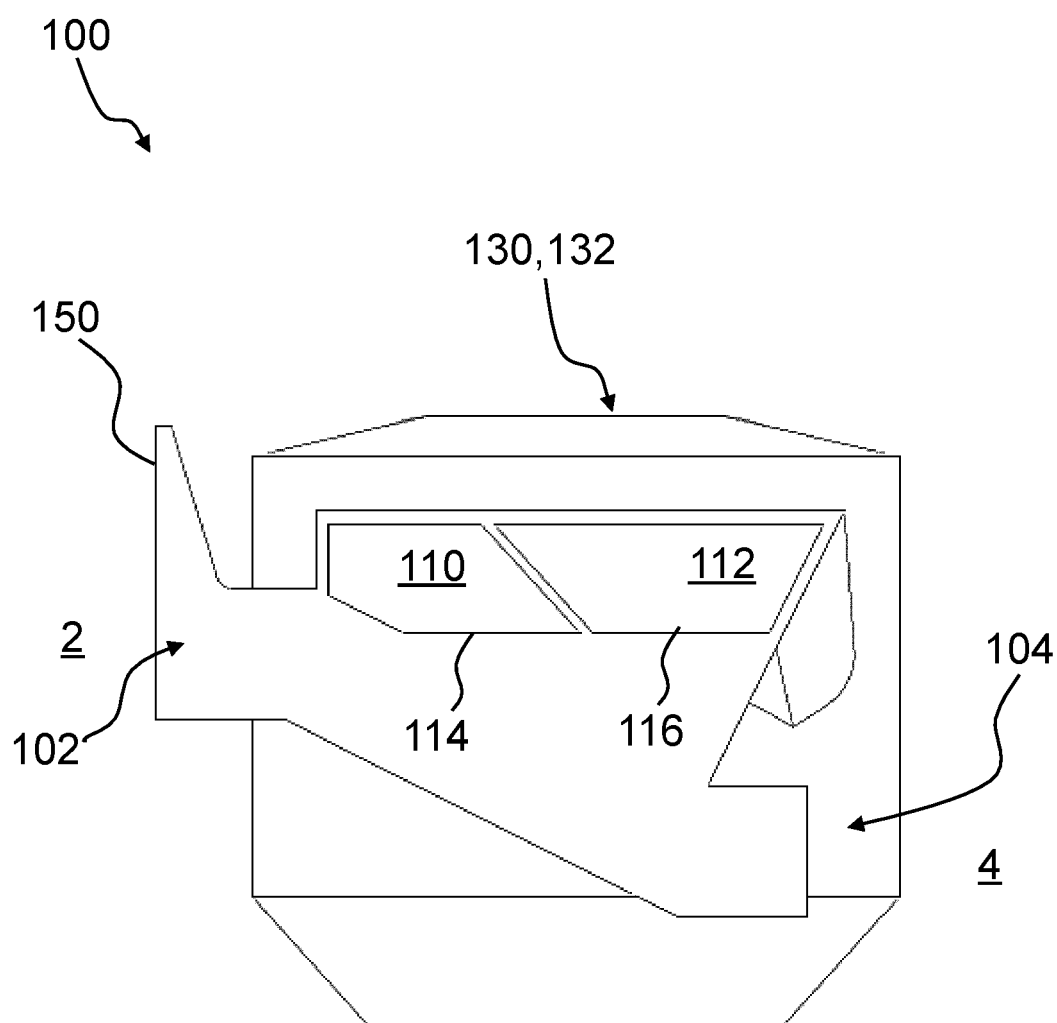


Fig. 15

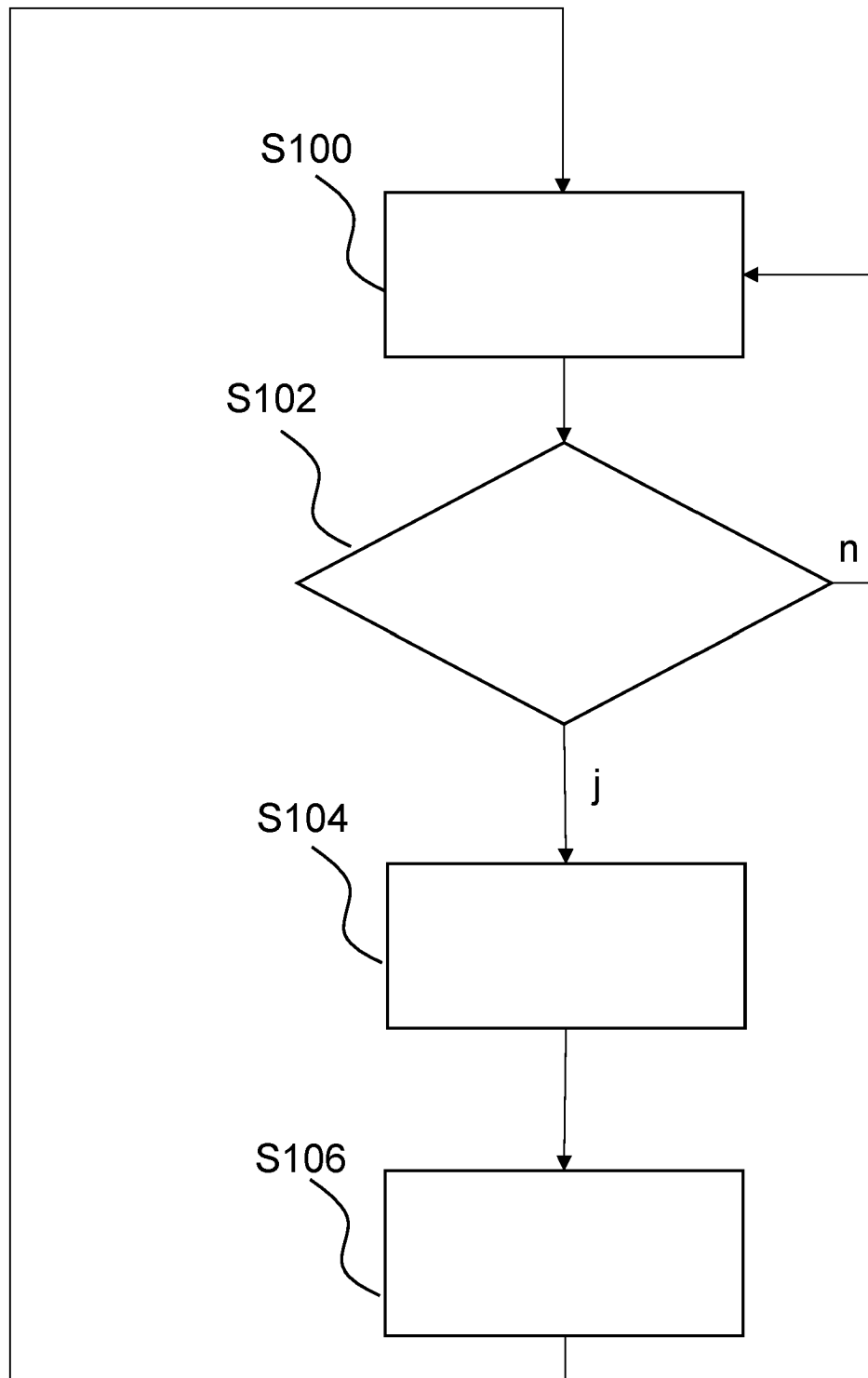


Fig. 16

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3156546 A1 [0004]