



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.04.2020 Patentblatt 2020/17**

(51) Int Cl.:  
**B63G 8/40 (2006.01) B63G 8/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **19202724.1**

(22) Anmeldetag: **11.10.2019**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

• **thyssenkrupp AG**  
**45143 Essen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Malletschek, Andreas**  
**24340 Eckernförde (DE)**  
• **Hasenbank, Hendrik**  
**24106 Kiel (DE)**  
• **Hempfling, Florian**  
**24625 Negenharrie (DE)**

(30) Priorität: **16.10.2018 DE 102018217667**

(71) Anmelder:  
• **thyssenkrupp Marine Systems GmbH**  
**24143 Kiel (DE)**

(74) Vertreter: **thyssenkrupp Intellectual Property GmbH**  
**ThyssenKrupp Allee 1**  
**45143 Essen (DE)**

(54) **SCHLEUSEN-SYSTEM UND VERFAHREN ZUM AUSSETZEN UND ZUM AUFNEHMEN EINES TAUCHERS UNTER WASSER**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Unterwasserfahrzeug mit einem Schleusen-System sowie ein Verfahren zum Ausschleusen eines Tauchers unter Wasser. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Unterwasserfahrzeug mit einem Schleusen-System sowie ein Verfahren zum Aufnehmen mindestens eines Tauchers unter Wasser. Ein Durch eine Fluidverbindung (11, 12) hindurch lässt sich ein Fluid in die Schleuse (1) leiten. Ein Fluiddruck-Sensor (S2) misst eine Größe, die mit dem Druck eines Fluids in der Schleuse (1) korreliert. Ein Regler (3, 4) steuert abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sen-

sors (S2) eine Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Regelungs-Ziel an, dass der gemessene Fluiddruck im oberen Bereich (L) ansteigt, bis er gleich einem Zielwert für den Fluiddruck ist. Die angesteuerte Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) steuert die Fließrate von Fluid durch die Fluidverbindung (11, 12) hindurch in die Schleuse (1). Bevorzugt lässt sich ein Zustand herstellen, in welchem ein unterer Bereich (W) einer Schleuse (1) des Schleusen-Systems mit Wasser und ein oberer Bereich (L) mit Luft gefüllt sind.

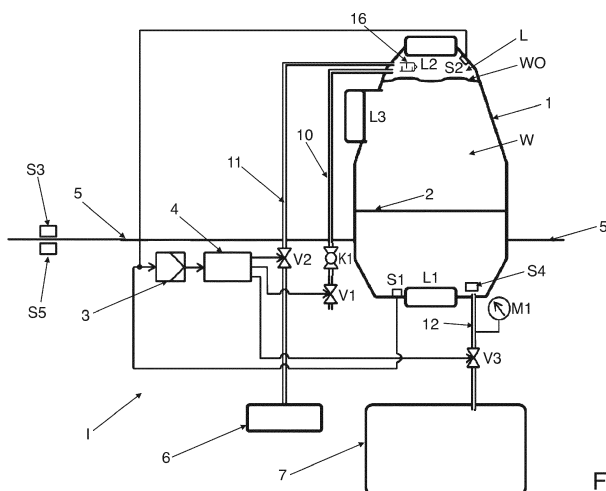


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Unterwasserfahrzeug mit einem Schleusen-System sowie ein Verfahren zum Ausschleusen mindestens eines Tauchers unter Wasser. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Unterwasserfahrzeug mit einem Schleusen-System sowie ein Verfahren zum Aufnehmen mindestens eines Tauchers unter Wasser.

**[0002]** In WO 03/097445 A1 wird ein Transportsystem für Taucher beschrieben, welches ein Begleitfahrzeug und eine Tauchkapsel 10 umfasst. Die Tauchkapsel besitzt einen Schwimmkörper 12 mit einem Luk und einer Kammer 14. Die Kammer 14 des Schwimmkörpers 12 vermag einen Taucher aufzunehmen. Eine Druckentlastungs-Vorrichtung vermag den Druck in der Kammer auf den Normaldruck zu bringen.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Unterwasserfahrzeug mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 18 bereitzustellen, welche es erleichtern, ein vorgegebenes Ziel beim Ausschleusen eines Tauchers aus dem Unterwasserfahrzeug zu erreichen. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Unterwasserfahrzeug mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 23 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 25 bereitzustellen, welche es erleichtern, ein vorgegebenes Ziel beim Aufnehmen eines Tauchers in das Unterwasserfahrzeug zu erreichen.

**[0004]** Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Unterwasserfahrzeug mit den in Anspruch 1 und in Anspruch 23 angegebenen Merkmalen und ein Verfahren mit den in Anspruch 18 und in Anspruch 25 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Zeichnungen.

**[0005]** Das erfindungsgemäße Unterwasserfahrzeug zum Ausschleusen eines Tauchers umfasst ein Schleusen-System, welches dazu ausgestaltet ist, unter Wasser mindestens einen Taucher auszuschleusen.

**[0006]** Dieses Schleusen-System umfasst

- eine Schleuse zum Ausschleusen des oder mindestens eines Tauchers,
- eine erste Fluidverbindung,
- eine erste Fließraten-Einstellungs-Einheit,
- einen Regler und
- einen Fluiddruck-Sensor.

**[0007]** Ein Fluid lässt sich durch die erste Fluidverbindung hindurch in die Schleuse hineinleiten. Die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit lässt sich ansteuern und vermag die Fließrate von Fluid durch die erste Fluidverbindung hindurch in die Schleuse auf einen durch die Ansteuerung vorgegebenen Wert einzustellen.

**[0008]** Der Fluiddruck-Sensor vermag eine Größe zu messen. Diese gemessene Größe korreliert mit dem Druck eines Fluid in der Schleuse. Das Fluid in der Schleuse, dessen Druck gemessen wird, kann das gleiche Fluid sein wie das Fluid, welches durch die erste Fluidverbindung in die Schleuse geströmt ist, oder ein anderes Fluid.

**[0009]** Der Regler vermag die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit automatisch anzusteuern, und zwar abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors. Der Regler vermag die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der gemessene Fluiddruck in der Schleuse ansteigt, bis er gleich einem Zielwert für den Fluiddruck ist. Dieser Zielwert ist vorgegeben oder gemessen oder berechnet.

**[0010]** Das lösungsgemäße Verfahren zum Ausschleusen eines Tauchers wird unter Verwendung einer lösungsgemäßen Schleusen-Systems an Bord des Unterwasserfahrzeugs durchgeführt und umfasst die folgenden Schritte:

- Der oder jeder auszuschleusende Taucher begibt sich aus dem Unterwasserfahrzeug in die Schleuse.
- Ein Fluid wird durch die erste Fluidverbindung hindurch in die Schleuse hinein geleitet.
- Der Fluiddruck-Sensor misst eine Größe, die mit dem Druck eines Fluid in der Schleuse korreliert.
- Der Regler steuert abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors automatisch die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Regelungs-Ziel an, dass der gemessene Fluiddruck ansteigt, bis er gleich dem Zielwert für den Fluiddruck ist.
- Die angesteuerte erste Fließraten-Einstellungs-Einheit stellt entsprechend der Ansteuerung die Fließrate von Fluid durch die erste Fluidverbindung hindurch in die Schleuse auf einen vorgegebenen oder berechneten Fließraten-Wert ein.

**[0011]** Die Erfindung stellt sicher, dass der Fluiddruck ansteigt, bis der Fluiddruck den vorgegebenen oder berechneten Zielwert erreicht. Die Gefahr wird verringert, dass der Fluiddruck in der Schleuse auf einen zu großen oder zu kleinen Zielwert ansteigt. Dadurch wird die Gefahr verringert, dass der Taucher in der Schleuse oder nach dem Ausschleusen aufgrund eines falschen Fluiddrucks einen gesundheitlichen Schaden erleidet.

**[0012]** Diese Anforderung lässt sich dank der Erfindung automatisch erreichen, also ohne dass ein Mensch die Fließraten-Einstellungs-Einheit betätigt oder einen Sensor-Wert abliest. Dadurch wird die Gefahr verringert, dass ein Mensch einen Fehler begeht und dadurch den Taucher gefährdet. Die Erfindung ermöglicht es aber, dass ein Mensch

einen Stelleingriff vornimmt und die Stelleingriffe des Reglers quasi überschreibt.

**[0013]** Das vorgegebene Ziel beim Ausschleusen kann daraus bestehen, den Prozess des Ausschleusen hinsichtlich des Zeitbedarfs und / oder des Druck-Verlauf zu optimieren. Entsprechend kann das vorgegebene Ziel beim Aufnehmen daraus bestehen, den Prozess des Aufnehmens zu optimieren.

**[0014]** In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Unterwasserfahrzeug zum Ausschleusen eines Tauchers einen Wasserdruck-Sensor. Der Wasserdruck-Sensor vermag eine Größe zu messen, welche mit dem Druck des das Unterwasserfahrzeug umgebenden Wassers korreliert ist. Der Regler vermag den Zielwert in Abhängigkeit von einem Signal des Wasserdruck-Sensors zu berechnen.

**[0015]** Diese Ausgestaltung erspart die Notwendigkeit, dass ein Besatzungsmitglied des Unterwasserfahrzeugs manuell den Zielwert vorgibt. Natürlich kann ein Besatzungsmitglied einen automatisch berechneten Zielwert durch eine Benutzereingabe überschreiben. Ermöglicht wird, dass der Regler als Zielwert den Druck des Wassers verwendet, welches das Unterwasserfahrzeug umgibt. Dieser Druck des umgebenden Wassers und somit der Zielwert hängt von der aktuellen Tauchtiefe des Unterwasserfahrzeugs sowie von der Wassertemperatur und in geringerem Maße von dem Salzgehalt des Wassers ab.

**[0016]** Diese Ausgestaltung ermöglicht es, automatisch in der Schleuse einen Fluiddruck herzustellen und oder aufrechtzuerhalten, der gleich dem Wasserdruck des umgebenden Wassers ist. Die Gefahr, dass der Taucher gesundheitliche Schäden erleidet, wird weiter verringert.

**[0017]** Lösungsgemäß vermag der Regler die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern. In einer Ausgestaltung vermag der Regler diese so anzusteuern, dass der Anstieg des Fluiddrucks in der Schleuse eine vorgegebene Nebenbedingung erfüllt. Die Nebenbedingung ist beispielsweise, dass der Anstieg des Fluiddrucks unterhalb einer vorgegebenen Schranke bleibt, damit ein Taucher nicht gefährdet wird. Die Gefahr wird weiter verringert, dass der Taucher die sogenannte Taucherkrankheit oder ein Baro-Traumata oder eine sonstige gesundheitliche Beeinträchtigung erleidet, die bei einem zu starken Anstieg oder Abfall des umgebenden Fluiddrucks auftreten kann, insbesondere wenn dieses Fluid Luft ist, dessen Druck rasch verändert werden kann.

**[0018]** In einer Ausgestaltung ist in einem Datenspeicher des Reglers mindestens ein Druck-Verlauf abgespeichert, beispielsweise indem mehrere Stützstellen oder eine Funktion abgespeichert sind. Der oder jeder abgespeicherte Druck-Verlauf gibt einen geforderten zeitlichen Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks in der Schleuse vor. Lösungsgemäß steuert der Regler die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors an. Gemäß der Ausgestaltung mit dem Druck-Verlauf misst der Fluiddruck-Sensor einen zeitlichen Verlauf der korrelierenden Größe. Der Regler vermag die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der gemessene tatsächliche zeitliche Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks gleich dem oder einem abgespeicherten geforderten zeitlichen Druck-Verlauf ist.

**[0019]** Diese Ausgestaltung reduziert weiter die Gefahr, dass der Taucher eine gesundheitliche Gefährdung, beispielsweise die Taucherkrankheit, erleidet. Ein Mensch müsste oft viele Stelleingriffe vornehmen, um einen geforderten zeitlichen Verlauf des Fluiddrucks zu bewirken. Die Gefahr ist groß, dass der Mensch hierbei einen Fehler begeht. Die Ausgestaltung schließt einen solchen Fehler aus.

**[0020]** In einer Fortbildung dieser Ausgestaltung sind in dem Datenspeicher des Reglers mehrere Druckverläufe abgespeichert. Jeder abgespeicherte Druck-Verlauf gibt einen geforderten zeitlichen Verlauf des ansteigenden Drucks vor. Die beiden Druck-Verläufe unterscheiden sich in wenigstens einem Zeitintervall hinsichtlich der geforderten Geschwindigkeit und / oder der Beschleunigung, mit welcher der Fluiddruck in der Schleuse zunimmt. Beispielsweise gibt ein erster Verlauf einen raschen und ein zweiter Verlauf einen langsamen Druck-Anstieg vor.

**[0021]** Ein abgespeicherter zeitlicher Druck-Verlauf lässt sich auswählen, beispielsweise manuell von einem Besatzungsmitglied des Unterwasserfahrzeugs oder auch automatisch vom Regler. Der Regler vermag die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der tatsächliche zeitliche Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks gleich dem ausgewählten abgespeicherten Druck-Verlauf ist. Der Druck-Verlauf lässt sich abhängig von einer vorgegebenen Bedingung auswählen, z.B. abhängig von der Anforderung, dass das Ausschleusen möglichst schnell oder mit möglichst wenig Geräuschentwicklung oder mit möglichst wenig Energieverbrauch durchgeführt werden soll.

**[0022]** In einer Ausgestaltung lässt sich ein Zustand herstellen, bevorzugt mittels der ersten Fluidverbindung, in welchem

- ein unterer Bereich der Schleuse mit Wasser gefüllt ist und
- ein oberer Bereich der Schleuse mit Luft oder einem anderen Gas gefüllt ist.

**[0023]** In dieser Ausgestaltung ist der Fluiddruck-Sensor bevorzugt als ein Luftdruck-Sensor ausgestaltet. Die vom Luftdruck-Sensor gemessene Größe korreliert mit dem Druck der Luft oder des sonstigen Gases in dem oberen Bereich der Schleuse.

**[0024]** Ein Gas im Sinne der Anmeldung kann ein technisches Gas, z.B. Stickstoff, Kohlendioxid oder Helium oder

eine Mischung aus diesen technischen Gasen, sein, wobei das oder jedes technische Gas an Bord des Unterwasserfahrzeugs mitgeführt wird. Das Gas kann auch eine Mischung verschiedener Gase sein, insbesondere künstlich hergestellte Atemgas-Gemische wie beispielsweise Trimix oder Nitrox.

5 **[0025]** Lösungsgemäß lässt sich durch die erste Fluidverbindung hindurch ein Fluid in die Schleuse hinein leiten. In einer Ausgestaltung ist dieses Fluid Wasser. Die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit vermag also zu bewirken oder zu ermöglichen, dass Wasser durch die erste Fluidverbindung hindurch in die Schleuse hineinfließt. Gemäß einer Ausgestaltung mit Wasser als dem einströmenden Fluid vermag der Regler die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit mit folgendem Regelungs-Ziel anzusteuern: Die erste Fluidverbindung bewirkt oder ermöglicht den Zufluss von Wasser in die Schleuse solange, bis der steigende Füllstand des Wassers in der Schleuse zu einem gemessenen Luftdruck im oberen Bereich führt, der gleich dem Zielwert für den Luftdruck ist.

10 **[0026]** Diese Ausgestaltung erspart die Notwendigkeit, Luft oder ein sonstiges Gas in die Schleuse zu leiten und dort zu komprimieren. Möglich ist, den tatsächlichen Luftdruck im oberen Bereich ausschließlich dadurch zu ändern, dass Wasser in die Schleuse geleitet wird. Dies führt zu einer einfachen mechanischen Ausgestaltung des Schleusen-Systems. Möglich ist auch, sowohl Wasser als auch Luft in die Schleuse zu leiten. Dies führt oft zu einem schnelleren Ausschleusen.

15 **[0027]** In einer Ausgestaltung umfasst das Unterwasserfahrzeug ein Reservoir für Luft oder ein anderes Gas. Als Fluid für die erste Fluidverbindung wird Luft oder dieses andere Gas verwendet. Die erste Fluidverbindung vermag den Zufluss von Luft aus dem Luft-Reservoir hindurch in die Schleuse hinein zu bewirken oder zu ermöglichen.

20 **[0028]** In einer Fortbildung dieser Ausgestaltung wird die Luft in der Schleuse von einströmendem Wasser komprimiert. In einer anderen Fortbildung umfasst das Luft-Reservoir eine Druckluft-Anlage. Diese Druckluft-Anlage vermag Druckluft bereitzustellen. Die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit umfasst ein Druckluft-Ventil, welches den Fluss von Druckluft durch die erste Fluidverbindung steuert. Der Regler vermag zur Erreichung des Regelungs-Ziels das Druckluft-Ventil anzusteuern, und zwar abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors. Diese Ausgestaltung ermöglicht oft ein rascheres Ausschleusen. Der tatsächliche zeitliche Verlauf des ansteigenden Luftdrucks lässt sich leichter an einen geforderten Verlauf anpassen, weil der Fluss von Druckluft sich oft besser steuern lässt als der von Wasser.

25 **[0029]** In einer anderen Fortbildung dieser Ausgestaltung wird nicht notwendigerweise eine Druckluft-Anlage benötigt. Als Luft-Reservoir kann auch ein Raum im Inneren des Druckbehälters des Unterwasserfahrzeugs verwendet werden, beispielsweise ein Raum, in dem sich Besatzungsmitglieder aufhalten können. Die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit umfasst einen Kompressor für Luft. Der Luft-Kompressor vermag Luft aus dem Luft-Reservoir zu komprimieren und im oberen Bereich der Schleuse einen Luftdruck zu erzeugen, der größer als der Luftdruck im Luft-Reservoir ist. Der Regler vermag zur Erreichung des Regelungs-Ziels den Luft-Kompressor anzusteuern, und zwar abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors. Diese Ausgestaltung spart eine Druckluft-Anlage ein.

30 **[0030]** In einer Ausgestaltung umfasst das Schleusen-System zusätzlich zu der ersten Fluidverbindung eine zweite Fluidverbindung und zusätzlich zu der ersten Fließraten-Einstellungs-Einheit eine zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit. Durch die erste Fluidverbindung hindurch lässt sich Luft oder ein anderes Gas in die Schleuse hineinleiten. Durch die zweite Fluidverbindung hindurch lässt sich Wasser in die Schleuse hineinleiten. Die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit vermag abhängig von einer Ansteuerung durch den Regler den Fluss von Luft durch die erste Fluidverbindung auf einen vorgegebenen Wert einzustellen. Die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit vermag abhängig von einer Ansteuerung durch den Regler den Fluss von Wasser durch die zweite Fluidverbindung mindestens entweder zu verhindern oder aber zu ermöglichen und / oder zu bewirken. Möglich ist, dass die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit abhängig von der Ansteuerung den Fluss von Wasser durch die zweite Fluidverbindung auf einen vorgegebenen Wert einzustellen vermag, also den Fluss zu steuern vermag.

35 **[0031]** Der Regler vermag einerseits die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, um das Regelungs-Ziel zu erreichen, und zwar abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors. Andererseits vermag der Regler die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, und zwar dergestalt, dass die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit den Zufluss von Wasser in die Schleuse bewirkt oder ermöglicht, bis der steigende Füllstand des Wassers in der Schleuse eine vorgegebene Eigenschaft erfüllt. Diese vorgegebene Eigenschaft kann beispielsweise ein vorgegebener Füllstand des Wassers in der Schleuse oder auch der vorgegebene Zielwert für den Luftdruck im oberen Bereich sein. Möglich ist also, dass der Luftdruck sowohl durch die Zufuhr von Luft als auch durch die Zufuhr von Wasser geregelt wird. Diese Ausgestaltung ermöglicht oft ein rascheres Ausschleusen und dass der tatsächliche Druck-Verlauf nahe einem geforderten Druck-Verlauf liegt.

40 **[0032]** In einer Ausgestaltung umfasst das Schleusen-System einen Füllstands-Sensor, der eine Größe zu messen vermag. Diese gemessene Größe korreliert mit dem Füllstand des Wassers in dem unteren Bereich. Beispielsweise misst der Füllstands-Sensor den Druck, den das Wasser im unteren Bereich auf den Füllstands-Sensor ausübt. Dieser Druck ist bekanntlich um so höher, je höher der Füllstand ist. Eine Fluidverbindung des Schleusen-Systems ist als eine Wasser-Fluidverbindung ausgestaltet. Durch diese Wasser-Fluidverbindung hindurch lässt sich Wasser in die Schleuse leiten. Eine Fließraten-Einstellungs-Einheit des Schleusen-Systems ist als eine Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit ausgestaltet. Diese Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit vermag abhängig von einer Ansteuerung durch den Regler die Fließrate von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen, also

den Fluss von Wasser in die Schleuse zu steuern. In einer Ausgestaltung steuert der Regler die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit abhängig von Signalen des Füllstands-Sensors an.

5 **[0033]** Gemäß dieser Ausgestaltung vermag der Regler den aktuellen Füllstand des Wassers in der Schleuse zu ermitteln, und zwar abhängig von Signalen des Füllstands-Sensors. Der Regler vermag weiterhin die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit abhängig vom ermittelten Füllstand anzusteuern. Lösungsgemäß vermag der Regler die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, um das Regelungs-Ziel zu erreichen, und zwar abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors. Gemäß der Ausgestaltung verwendet der Regler zusätzlich den ermittelten aktuellen Füllstand des Wassers, um die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern. Somit werden zwei Stellschrauben zur Verfügung gestellt, um den Luftdruck zu regeln: die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit und die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit.

10 **[0034]** In einer Ausgestaltung ermittelt der Regler den aktuellen Füllstand des Wassers in der Schleuse durch eine Berechnung und verwendet für diese Berechnung einerseits Signale des Fluiddruck-Sensors und andererseits Signale des Füllstands-Sensors. Diese Ausgestaltung führt oft zu geringeren Messfehlern, insbesondere wenn der Füllstands-Sensor den Füllstand nur näherungsweise messen vermag.

15 **[0035]** In einer bereits beschriebenen Ausgestaltung umfasst das Schleusen-System eine Wasser-Fluidverbindung und eine Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit, welche den Fluss von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung zu steuern vermag. Der Regler vermag den tatsächlichen Füllstand von Wasser in der Schleuse zu ermitteln. In einer Fortbildung dieser Ausgestaltung ist eine geforderte funktionale Abhängigkeit vorgegeben. Diese Abhängigkeit beschreibt, wie ein Maß für die Fließ-Geschwindigkeit oder die Fließ-Rate von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung von dem Füllstand von Wasser in der Schleuse abhängen soll. Der Regler vermag die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Ziel anzusteuern, dass die tatsächliche Fließ-Geschwindigkeit oder Fließ-Rate durch die Wasser-Fluidverbindung von dem ermittelten tatsächlichen Füllstand in der Schleuse so abhängt, wie es durch die vorgegebene funktionale Abhängigkeit gefordert ist.

20 **[0036]** Diese Ausgestaltung reduziert die Geräuschemissionen beim Zufluss von Wasser in die Schleuse und vermeidet insbesondere, dass das einlaufende Wasser bei niedrigem Füllstand ein Gurgeln oder Sprudeln verursacht. Andererseits lässt sich die Zuflussrate bei höherem Füllstand steigern, was Zeit eingespart.

25 **[0037]** In einer Ausgestaltung umfasst das Unterwasserfahrzeug einen Wassertank. Eine Fluidverbindung des Schleusen-Systems ist als eine Wasser-Fluidverbindung ausgestaltet, die in Verbindung mit dem Wassertank und mit der Schleuse steht. Durch diese Wasser-Fluidverbindung hindurch lässt sich Wasser aus dem Wassertank in die Schleuse und bevorzugt auch umgekehrt aus der Schleuse in den Wassertank leiten. Eine Fließraten-Einstellungs-Einheit des Schleusen-Systems ist als eine Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit ausgestaltet. Diese Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit vermag die Fließrate von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen. Der Regler vermag die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, und zwar abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors.

30 **[0038]** Diese Ausgestaltung vermeidet die Notwendigkeit, dass das Unterwasserfahrzeug umgebendes Wasser aufnimmt und in die Schleuse leitet oder umgekehrt Wasser aus der Schleuse in die Umgebung ableitet. Dieser Vorgang kann oft zu einer Wasserströmung oder sonstigen Wasserbewegung führen, die unerwünscht ist, beispielsweise weil das Unterwasserfahrzeug dann entdeckt werden kann. Außerdem können sich im umgebenden Wasser Partikel oder Substanzen befinden, die nicht in das Unterwasserfahrzeug gelangen sollen. In vielen Ausgestaltungen ist ein solcher eigener Wassertank bereits vorhanden, beispielsweise als eine Trimmzelle, die die Lage des Unterwasserfahrzeugs im Wasser zu beeinflussen vermag. Auch eine ansteuerbare Pumpe ist oft bereits installiert.

35 **[0039]** In einer anderen Ausgestaltung verbindet die Wasser-Fluidverbindung die Schleuse mit dem umgebenden Wasser. Diese Ausgestaltung vermeidet die Notwendigkeit, einen eigenen Wassertank vorzusehen. Der Druck des umgebenden Wassers drückt Wasser in die Schleuse, so dass zum Ausschleusen keine Pumpe benötigt wird.

40 **[0040]** In einer Ausgestaltung umfasst das Schleusen-System eine dritte Fluidverbindung und eine dritte Fließraten-Einstellungs-Einheit. Fluid lässt sich durch die dritte Fluidverbindung hindurch aus der Schleuse heraus ableiten. Die dritte Fließraten-Einstellungs-Einheit vermag die Fließrate von Fluid durch die dritte Fluidverbindung hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen. Lösungsgemäß vermag der Regler die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, um das Regelungs-Ziel zu erreichen, und zwar abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors. Gemäß dieser Ausgestaltung vermag der Regler zusätzlich die dritte Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, um das Regelungs-Ziel zu erreichen, und zwar bevorzugt ebenfalls abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors.

45 **[0041]** Diese Ausgestaltung verringert weiter das Risiko, dass in der Schleuse ein zu hoher Fluiddruck auftritt. Insbesondere wird das Risiko verringert, dass in einem oberen Bereich der Schleuse ein zu hoher Luftdruck erzeugt wird. Möglich ist, bei Bedarf rasch Fluid aus der Schleuse abzulassen.

50 **[0042]** In einer Ausgestaltung umfasst das Schleusen-System zusätzlich eine Einstiegs-Öffnung und eine Ausstiegs-Öffnung für einen Taucher. Der Regler ist dazu ausgestaltet, die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, während beide Öffnungen geschlossen sind.

55 **[0043]** In einer Ausgestaltung des lösungsgemäßen Verfahrens zum Ausschleusen eines Tauchers umfasst das

Schleusen-System eine erste Fluidverbindung für Luft und eine zweite Fluidverbindung für Wasser. Während des Ausschleusens wird ein Zustand hergestellt, in welchem sich in einem oberen Bereich der Schleuse Luft und in einem unteren Bereich der Schleuse Wasser befindet. Gemäß der Ausgestaltung werden ein Luftdruck-Anstiegs-Vorgang und ein Füllstands-Anstiegs-Vorgang durchgeführt.

5 **[0044]** Der Luftdruck-Anstiegs-Vorgang umfasst folgende Schritte:

- Durch die erste Fluidverbindung hindurch wird Luft oder ein anderes Gas in die Schleuse hinein geleitet.
- Der Regler steuert zur Erreichung des Regelungs-Ziels die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit abhängig von Signalen des als Luftdruck-Sensor ausgestalteten Fluiddruck-Sensors an.

10

**[0045]** Der Füllstands-Anstiegs-Vorgang umfasst folgende Schritte:

- Durch die zweite Fluidverbindung hindurch wird Wasser in die Schleuse hinein geleitet.
- Der Regler steuert die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit dergestalt an, dass die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit den Zufluss von Wasser in die Schleuse bewirkt oder ermöglicht, bis der steigende Füllstand des Wassers in der Schleuse eine vorgegebene Eigenschaft erfüllt.

15

**[0046]** In einer Ausgestaltung wird der Füllstands-Anstiegs-Vorgang vor dem Luftdruck-Anstiegs-Vorgang begonnen. Der Luftdruck-Anstiegs-Vorgang wird begonnen, bevor der Füllstands-Anstiegs-Vorgang beendet wird. Die beiden Vorgänge werden somit zeitlich überlappend durchgeführt, was Zeit einspart.

20

**[0047]** Das lösungsgemäße Unterwasserfahrzeug, welches zum Aufnehmen eines Tauchers unter Wasser ausgestaltet ist, besitzt die gleichen Bestandteile wie das lösungsgemäße Unterwasserfahrzeug zum Ausschleusen des Tauchers, aber mit folgenden Abwandlungen:

25

- Das Unterwasserfahrzeug zum Aufnehmen besitzt notwendigerweise einen Druckkörper mit einem Innenbereich, der mit einem Fluid gefüllt ist und in dem sich ein Mensch aufhalten kann, insbesondere ein mit Luft gefüllter Innenbereich. Selbstverständlich kann auch das lösungsgemäße Unterwasserfahrzeug zum Ausschleusen eines Tauchers einen solchen Innenbereich umfassen.

30

- Durch die erste Fluidverbindung hindurch lässt sich ein Fluid aus der Schleuse herausleiten.
- Die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit vermag die Fließrate von Fluid aus der Schleuse durch die erste Fluidverbindung hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen.

35

- Der Regler vermag die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der gemessene Fluiddruck absinkt, bis er gleich dem Druck im Innenbereich des Druckkörpers ist. Diese Ansteuerung führt der Regler wiederum abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors durch.

40

**[0048]** Das lösungsgemäße Verfahren, um unter Wasser einen Taucher aufzunehmen, wird unter Verwendung dieses lösungsgemäßen Unterwasserfahrzeugs durchgeführt und umfasst folgende abweichenden Schritte:

45

- Der oder jeder Taucher begibt sich aus dem umgebenden Wasser in die Schleuse.
- Ein Fluid wird aus der Schleuse heraus und durch die erste Fluidverbindung hindurch geleitet.
- Der Regler steuert abhängig von Signalen des Luftdruck-Sensors automatisch die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit mit dem Regelungs-Ziel an, dass der Fluiddruck in der Schleuse absinkt, bis er gleich dem Druck im Innenbereich des Druckkörpers ist.
- Die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit stellt die Fließrate von Fluid aus der Schleuse durch die erste Fluidverbindung hindurch gemäß der Ansteuerung auf einen vorgegebenen Wert ein.
- Der oder jeder aufzunehmende Taucher begibt sich aus der Schleuse in den Innenbereich.

50

**[0049]** Die Erfindung und die vorteilhaften Ausgestaltungen zum Aufnehmen eines Tauchers erzielen die entsprechenden Vorteile wie die zum Ausschleusen eines Tauchers.

55

**[0050]** Das lösungsgemäße Unterwasserfahrzeug mit dem Schleusen-System kann ein militärisches oder ein ziviles Unterwasserfahrzeug sein. Es kann einen eigenen Antrieb aufweisen und / oder dazu ausgestaltet sein, von einem anderen Fahrzeug durch das Wasser bewegt zu werden. Das Unterwasserfahrzeug kann einen Turm aufweisen, und die Schleuse ist in diesem Turm angeordnet. Die Schleuse kann auch in einem Druckkörper an einer Position außerhalb des Turms angeordnet sein und vom Druckkörper noch außen führen. Möglich ist auch, dass ein Torpedorohr oder ein sonstiges Waffenrohr eines militärischen Unterwasserfahrzeugs als die Schleuse des lösungsgemäßen Schleusen-

Systems verwendet wird.

**[0051]** Das lösungsgemäße Unterwasserfahrzeug lässt sich dafür verwenden, mindestens einen Taucher auszuschleusen und / oder wieder aufzunehmen. In einer möglichen Anwendung wird das Schleusen-System dafür verwendet, mindestens einen Gegenstand durch die Schleuse auszuschleusen und / oder wieder aufzunehmen. Bevorzugt wird für das Ausschleusen oder Aufnehmen eines Gegenstands ein Regelungs-Ziel verwendet, bei dem der Fluiddruck rascher ansteigt oder abfällt, denn die Anforderung, dass ein Taucher nicht durch eine zu rasche Druck-Veränderung gefährdet werden darf, gilt für einen Gegenstand nicht.

**[0052]** Nachfolgend ist das erfindungsgemäße Schleusen-System anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 schematisch eine erste Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems mit einem Wasserdruck-Sensor, einem Luftdruck-Sensor, drei Fluidverbindungen und drei gesteuerten Ventilen in diesen Fluidverbindungen;  
Fig. 2 schematisch den Ablauf beim Ausschleusen eines Tauchers;

Fig. 3 schematisch den Ablauf, um die Schleuse auf das Ausschleusen eines Tauchers vorzubereiten;

Fig. 4 schematisch den Ablauf bei der Aufnahme eines Tauchers;

Fig. 5 schematisch den Ablauf, um die Schleuse auf die Aufnahme eines Tauchers vorzubereiten;

Fig. 6 schematisch den Regelkreis, um gemäß der ersten Ausführungsform den Luftdruck in der Schleuse zu regeln;

Fig. 7 schematisch den Regelkreis, um den Wasserdruck in der Schleuse zu regeln;

Fig. 8 eine zweite Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems mit einem Kompressor und einer Pumpe;

Fig. 9 eine dritte Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems mit mehreren Füllstands-Schaltern;

Fig. 10 eine vierte Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems, wobei die Schleuse in Fluidverbindung mit dem umgebenden Wasser steht;

Fig. 11 eine fünfte Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems, wobei die Schleuse ebenfalls in Fluidverbindung mit dem umgebenden Wasser steht.

**[0053]** Im Ausführungsbeispiel wird die Erfindung an Bord eines bemannten Unterseeboots (U-Boots) verwendet, wobei das U-Boot mindestens einen Taucher an Bord aufnimmt, den oder jeden Taucher an Bord zu einem Einsatzort transportiert und dort unter Wasser ausschleust. Der Taucher verlässt das getauchte U-Boot mittels eines Schleusen-Systems. Möglich ist, nacheinander oder gleichzeitig mehrere Taucher mit Hilfe desselben Schleusen-Systems auszuschleusen oder zeitlich überlappend mehrere Taucher mit Hilfe von mindestens zwei Schleusen-Systemen des U-Boots auszuschleusen. Der oder jeder Taucher führt einen Einsatz durch und lässt sich mittels des oder eines Schleusen-Systems wieder an Bord desselben oder eines anderen getauchten U-Boots aufnehmen.

**[0054]** Der Taucher darf weder beim Ausschleusen noch beim Aufnehmen gefährdet werden. Insbesondere darf er nicht die Taucherkrankheit oder ein Baro-Traumata oder eine sonstige gesundheitliche Beeinträchtigung erleiden, welche durch eine zu schnelle Veränderung des auf den Taucher einwirkenden Drucks hervorgerufen wird. Daher darf der umgebende Druck, der von außen auf den Taucher einwirkt, nicht schneller als eine vorgegebene Veränderungsrate ansteigen und fallen. Andererseits soll oft das Ausschleusen und Aufnehmen möglichst rasch durchgeführt werden. Weitere Forderungen sind oft, dass keine Luftblasen aufsteigen sollen und möglichst wenige Geräusche verursacht werden sollen. Die akustische Signatur des U-Boots soll auch beim Ausschleusen und Aufnehmen des oder eines Tauchers gering bleiben. Unerwünschte Geräusche können z.B. von einer Pumpe des Schleusen-Systems oder von einer Regelzellen-Anlage oder einer Druckluft-Anlage oder von gurgelndem oder sprudelndem Wasser an Bord des U-Boots erzeugt werden.

**[0055]** Im Ausführungsbeispiel ist das nachfolgend beschriebene lösungsgemäße Schleusen-System im Turm des U-Boots angeordnet. Möglich ist auch, dass das Schleusen-System an einer anderen Position im U-Boot angeordnet ist. Fig. 1 zeigt schematisch das Schleusen-System des Ausführungsbeispiels. Gezeigt werden folgende Bestandteile:

- der Druckkörper 5 des U-Boots, zu welchem das Schleusen-System gehört, wobei sich Besatzungsmitglieder des U-Boots in einem Innenraum I im Druckbehälter 5 aufhalten können,
- eine Schleuse 1 in Form einer Schleusenkammer, welche mindestens einen Taucher aufzunehmen vermag,
- ein Gitter 2, welches im Inneren der Schleuse 1 in der unteren Hälfte der Schleuse 1 angeordnet ist und auf welchem ein Taucher stehen kann,
- ein unteres Luk L1, ein oberes Luk L2 und ein seitliches Luk L3, welche sich unabhängig voneinander öffnen und schließen lassen und durch welche ein Mensch hindurchschlüpfen kann, und
- drei Fluidverbindungen 10, 11, 12, welche die sich durch jeweils ein Ventil V1, V2, V3 vollständig oder teilweise schließen lassen.

**[0056]** Das Gitter 2 ist zwischen dem unteren Luk L1 und dem seitlichen Luk L3 angeordnet und ermöglicht es einem

Taucher, im Inneren der Schleuse 1 zu stehen. In der Situation, die in Fig. 1 gezeigt wird, ist ein unterer Bereich W der Schleuse 1 mit Wasser gefüllt. Die Wasseroberfläche in der Schleuse 1 wird mit WO bezeichnet. Oberhalb der Wasseroberfläche WO befindet sich ein oberer Bereich, der mit Luft gefüllt ist und mit L bezeichnet wird. Das Gitter 2 ist für die eigentliche Funktion der Schleuse 1 nicht erforderlich. Im Ausführungsbeispiel ist die Schleuse 1 aber so groß, dass das Gitter 2 benötigt wird, damit ein Taucher durch das untere Luk L1 einsteigen und durch das seitliche Luk L3 aussteigen kann.

**[0057]** Das obere Luk L2 wird für die eigentliche Funktion der Schleuse 1 ebenfalls nicht benötigt, sondern ist beim regulären Ausschleusen und Aufnehmen eines Tauchers geschlossen und wird dann nur in einem Notfall geöffnet. Falls die Schleuse 1 im Turm des U-Boots positioniert ist, so lässt sich das obere Luk L2 auch für den Zweck öffnen, dass ein Besatzungsmitglied aus dem aufgetauchten U-Boot aussteigt oder in das aufgetauchte U-Boot hinein steigt.

**[0058]** Die Fluidverbindung 11 verbindet die Schleuse 1 mit einer Druckluft-Anlage 6 und vermag Druckluft aus der Druckluft-Anlage 6 in die Schleuse 1 zu leiten. Die Fluidverbindung 11 mündet oberhalb der Wasseroberfläche WO in die Schleuse 1. Die Wasseroberfläche WO bleibt unterhalb der Einmündung der Fluidverbindung 11 in die Schleuse 1.

**[0059]** Dank der Druckluft-Anlage 6 lässt sich der Luftdruck in der Schleuse 1 im Bereich L oberhalb der Wasseroberfläche WO genauer dosieren, als wenn dieser Druck nur über das Zuführen von Wasser verändert werden würde. Ein optionaler Schalldämpfer 16 an der Einmündung der Fluidverbindung 11 in die Schleuse 1 dämpft Geräusche, die beim Eintritt von Druckluft in die Schleuse 1 entstehen können. Die Fluidverbindung 11 mündet zwischen dem seitlichen Luk L3 und dem oberen Luk L2 in die Schleuse 1. Ein Ventil V2 vermag die Fluidverbindung 11 wahlweise zu verschließen oder zu öffnen.

**[0060]** Die Fluidverbindung 10 ermöglicht es, Luft aus der Schleuse 1 zu lassen. Die Fluidverbindung 10 beginnt ebenfalls oberhalb der Wasseroberfläche WO und mündet in den Innenraum I des Druckkörpers 5, in welchem sich die Besatzungsmitglieder des U-Boots aufhalten. Ein Ventil V1 vermag die Fluidverbindung 10 wahlweise zu verschließen oder zu öffnen.

**[0061]** Alle drei Fluidverbindungen 10, 11, 12 haben einen ausreichend großen Querschnitt, damit eine große Menge von Fluid pro Zeiteinheit durch die Fluidverbindung fließen kann und damit auch dann das Ausschleusen und Aufnehmen rasch durchgeführt werden kann, wenn die Fließgeschwindigkeit gering ist. Bei gleichem Volumenstrom verursacht eine geringere Strömungsgeschwindigkeit bei größerem Rohrquerschnitt geringere Geräusche als eine größere Strömungsgeschwindigkeit bei kleinerem Rohrquerschnitt.

**[0062]** Die Fluidverbindung 12 verbindet die Schleuse 1 mit einer Regelzellen-Anlage 7. Diese Regelzellen-Anlage 7 weist mehrere miteinander verbundene Regelzellen in Form von Wassertanks auf, die mit Wasser gefüllt und geleert werden können. Die Regelzellen-Anlage 7 wird dafür verwendet, die Trimmelage des U-Boots im Wasser festzulegen und bei Bedarf zu verändern, und wird zusätzlich dafür verwendet, Wasser für die Schleuse 1 bereitzustellen oder Wasser aus der Schleuse 1 aufzunehmen. Im Ausführungsbeispiel befindet die Regelzellen-Anlage 7 sich senkrecht oder schräg unterhalb des Schleusen-Systems. Die Fluidverbindung 12 mündet von unten neben dem Luk L1 in den unteren Bereich W der Schleuse 1. Ein Ventil V3 vermag die Fluidverbindung 12 wahlweise zu verschließen oder zu öffnen.

**[0063]** Dank der Fluidverbindung 12 ist es nicht erforderlich, zum Betrieb des Schleusen-Systems Wasser aus der Umgebung des U-Boots zu verwenden und Umgebungswasser aufzunehmen oder Wasser aus der Schleuse 1 in die Umgebung abzugeben. Diese Aufnahme oder Abgabe von Wasser kann zu einer Wasserbewegung führen, die geortet werden kann. Ein weiterer Vorteil, die Regelzellen-Anlage 7 zu verwenden, ist die, dass die Regelzellen-Anlage 7 in der Regel bereits vorhanden ist und das spezifische Gewicht und weitere Eigenschaften des Wassers in der Regelzellen-Anlage 7 in der Regel bekannt sind, während die Eigenschaften des umgebenden Wassers häufig nicht genau bekannt sind.

**[0064]** In einer prinzipiell denkbaren Abwandlung verbindet die Fluidverbindung 12 die Schleuse 1 mit einem Tank für Reaktionswasser. In diesen nicht gezeigten Tank fließt Reaktionswasser, welches in einer Brennstoffzellenanlage des U-Boots gebildet wird, wenn Wasserstoff und Sauerstoff chemisch miteinander reagieren und dadurch elektrischer Strom erzeugt wird. Dieses Reaktionswasser wird bei Bedarf in die Schleuse 1 geleitet und wieder aus der Schleuse 1 in den Reaktionswasser-Tank abgelassen. Auch diese Ausgestaltung vermeidet die Notwendigkeit, Außenwasser verwenden zu müssen.

**[0065]** Die Ventile V1, V2, V3 lassen sich elektronisch ansteuern. In einer bevorzugten Ausgestaltung sind die Ventile V1, V2, V3 ansteuerbare Proportionalventile, so dass jedes Ventil V1, V2, V3 außer einer vollständig geöffneten Stellung und einer vollständig geschlossenen Stellung zusätzlich eine von mehreren möglichen Zwischen-Stellungen annehmen kann. In einer Ausführungsform vermag ein weiter unten beschriebener Regler 3 über eine Stell-Logik 4 jedem Ventil V1, V2, V3 jeweils eine Soll-Position des Ventilkörpers vorzugeben. Das Ventil V1, V2, V3 meldet die tatsächliche Position des Ventilkörpers zurück.

**[0066]** Die Ventile V1, V2 und V3 sind im Inneren des Druckkörpers 5 angeordnet. In einer Ausgestaltung lassen diese Ventile sich auch manuell verstellen, um in einem Fehlerfall das Schleusen-System auch manuell betreiben zu können. In einer Ausgestaltung lässt sich die Fluidverbindung 10 mit Hilfe eines Kugelhahns K1 manuell verschließen. Indem



der Kugelhahn K1 manuell geschlossen wird, lässt sich verhindern, dass unreguliert Druckluft aus der Schleuse 1 in das Innere des Druckkörpers 5 strömt, wenn das Ventil V1 in der oder einer geöffneten Stellung blockiert.

**[0067]** Um einen Taucher auszuschleusen, werden die nachfolgend beschriebenen Schritte durchgeführt, während das U-Boot getaucht ist. Das Luk L1 ist geöffnet, die Luken L2 und L3 sowie die Ventile V1, V2 und V3 sind geschlossen, und kein Wasser befindet sich in der Schleuse 1. Ein auszuschleusender Taucher steigt von unten durch das geöffnete untere Luk L1 hindurch in die Schleuse 1 und steht dann auf dem Gitter 2. Das Luk L1 wird geschlossen. Das Ventil V3 wird geöffnet, und Wasser wird durch die Fluidverbindung 12 in die Schleuse 1 gefördert. In einer Ausgestaltung stehen die Regelzellen der Regelzellen-Anlage 7 bereits unter einem erhöhten Druck. Falls das Ventil V3 geöffnet ist, steigt daher Wasser aus der Regelzellen-Anlage 7 in die Schleuse 1, ohne dass eine Pumpe benötigt wird, welche das Wasser fördert. In einer anderen Ausgestaltung vermag eine Pumpe Wasser aus der Regelzellen-Anlage 7 oder aus dem oben beschriebenen Reaktionswasser-Tank in die Schleuse 1 zu fördern.

**[0068]** Das Ventil V1 bleibt zumindest solange geöffnet, dass ein zu großer Überdruck in der Schleuse 1 im Bereich L oberhalb der Wasseroberfläche WO verhindert wird. Luft entweicht durch die Fluidverbindung 10 aus der Schleuse 1 in dem Innenraum I, bis der Taucher bis zum Hals im Wasser steht, aber noch Luft erhält und verbal kommunizieren kann. In Fig. 1 wird die Wasseroberfläche WO des Wassers in der Schleuse 1 gezeigt. Diese Wasseroberfläche WO unterteilt den Innenraum der Schleuse 1 in einen unteren Bereich W, der mit Wasser gefüllt ist, und einen oberen Bereich L, der noch mit Luft gefüllt ist. Nunmehr wird das Ventil V3 geschlossen.

**[0069]** Um den Taucher allmählich an den Druck des umgebenden Wassers zu gewöhnen, wird das Ventil V1 geschlossen, und das Ventil V2 wird geöffnet. Durch die Fluidverbindung 11 wird Druckluft aus der Druckluft-Anlage 6 in die Schleuse 1 leitet. Der Druckanstieg in dem Bereich L der Schleuse 1, der sich oberhalb der Wasseroberfläche WO befindet, bleibt unterhalb der vorgegebenen DruckanstiegsRate. Möglich ist auch, das Ventil V2 für die Fluidverbindung 11 bereits zu öffnen, während noch Wasser durch die Fluidverbindung 12 fließt. Sobald der Taucher in der Schleuse 1 einem Druck ausgesetzt ist, der annähernd gleich dem Druck des umgebenden Wassers ist, wird das unterhalb der Wasseroberfläche WO befindliche seitliche Luk L3 geöffnet, und der Taucher verlässt die Schleuse 1. In einer Ausgestaltung öffnet der Taucher das seitliche Luk L3. In einer anderen Ausgestaltung wird das seitliche Luk L3 durch ein hydraulisches Stellglied geöffnet, welches z.B. von einem Besatzungsmitglied des U-Boots aktiviert wird. Das obere Luk L2 bleibt beim Ausschleusen im regulären Betrieb geschlossen. Es lässt sich öffnen, damit in einem Notfall der Taucher sowie Besatzungsmitglieder des U-Boots durch die Schleuse 1 im Turm das U-Boot verlassen können.

**[0070]** In einer bevorzugten Ausgestaltung sind zwei elektronische Druck-Sensoren S1 und S2 in die Wand der Schleuse 1 eingelassen. Jeweils eine Messfläche des Druck-Sensors S1, S2 zeigt bevorzugt zum Inneren der Schleuse 1. Der Wasserdruck-Sensor S1 misst den aktuellen Druck, den das Wasser im Bereich W in der Schleuse 1 auf die Messfläche des Wasserdruck-Sensors S1 ausübt. Dieses Wasser stammt z.B. aus der Regelzellen-Anlage 7 oder dem Reaktionswasser-Tank. Der Luftdruck-Sensor S2 misst den aktuellen Druck, den die Luft im Bereich L oberhalb der Wasseroberfläche WO auf die Messfläche des Luftdruck-Sensors S2 ausübt. Aus dem Druck, den der Wasserdruck-Sensor S1 misst, und in einer Ausgestaltung zusätzlich aus dem Druck, den der Luftdruck-Sensor S2 misst, wird automatisch der aktuelle Füllstand des Wassers in der Schleuse 1 hergeleitet, also der Abstand zwischen dem unteren Luk L1 und der Wasseroberfläche WO, und bei Bedarf die zeitliche Veränderung des Füllstands. Ein zum Wasserdruck-Sensor S1 redundanter Wasserdruck-Sensor ist als ein analoges Manometer M1 ausgestaltet und misst den Druck in der Fluidverbindung 12.

**[0071]** Außerdem wird ein Außendruck-Sensor S3 gezeigt, der den Druck des umgebenden Wassers misst. Dieser Druck hängt bekanntlich von der Tauchtiefe des U-Boots sowie von der Temperatur des umgebenden Wassers ab. Ein optionaler Akustik-Sensor S4 ist an dem Zulauf der Fluidverbindung 12 in die Schleuse 1 angeordnet und misst die Geräuschentwicklung an diesem Zulauf. Ein Innendruck-Sensor S5 misst den Druck, der im Inneren I des Druckkörpers 5 herrscht.

**[0072]** Ein datenverarbeitender Regler 3 erhält Signale von den beiden Druck-Sensoren S1 und S2 und erzeugt Stell-Signale für eine Stell-Logik 4. Bevorzugt werden auch Signale von den Sensoren S3, S4 und S5 an den Regler 3 übermittelt, und der Regler 3 verwendet auch diese Signale dafür, um die Stell-Logik 4 anzusteuern. Die Stell-Logik 4 erhält Stellsignale vom Regler 3. Die Stell-Logik 4 erzeugt einzelne Stellbefehle für die Ventile V1, V2 und V3 und bringt dadurch ein angesteuertes Ventil V1, V2, V3 in die geschlossene Stellung, die geöffnete Stellung oder eine vorgegebene ZwischenStellung.

**[0073]** Im Ausführungsbeispiel lässt sich das Schleusen-System in folgenden stationären und dynamischen Zuständen betreiben:

- Stationärer Zustand SZ1 (Schleuse ist leer): In der Schleuse 1 befindet sich kein Wasser. Ein Taucher kann über das untere Luk L1 in die Schleuse 1 einsteigen oder aus ihr aussteigen. Das Ventil V1 ist geöffnet, so dass die Schleuse 1 über die Fluidverbindung 10 mit dem Inneren des Druckkörpers 5 verbunden ist und in der Schleuse 1 der gleiche Druck wie im Inneren des Druckkörpers 5 herrscht. Die beiden Ventile V2 und V3 sind geschlossen. Die Druck-Sensoren S1 und S2 messen beide den gleichen Wert, nämlich den Druck im Inneren des Druckkörpers 5.

## EP 3 640 130 A1

- Stationärer Zustand SZ2 (Schleuse ist ausreichend mit Wasser gefüllt, Innendruck herrscht): Das Wasser im Bereich W der Schleuse 1 hat die gewünschte Füllhöhe erreicht, und kein weiteres Wasser wird in die Schleuse 1 geleitet. Das seitliche Luk L3 befindet sich unterhalb der Wasseroberfläche WO, so dass beim Öffnen des Luk L3 keine Luft aus der Schleuse 1 austritt. Das Ventil V1 ist weiterhin geöffnet, so dass im Bereich L der Schleuse 1 der gleiche Druck wie im Inneren des Druckkörpers 5 herrscht. Die Ventile V2 und V3 sind geschlossen. Der Luftdruck-Sensor S2 misst weiterhin einen Wert, der gleich dem Druck im Inneren des Druckkörpers 5 ist. Der Wasserdruck-Sensor S1 misst bevorzugt einen Wert, der um einen vorgegebenen Betrag über dem Druck im Bereich L und damit dem Druck im Inneren des Druckkörpers 5 liegt. Dieser vorgegebene Betrag korreliert mit der gewünschten Füllhöhe des Wassers im Bereich W.
- Stationärer Zustand SZ3 (Schleuse ist ausreichend mit Wasser gefüllt, Außendruck herrscht): Im Bereich L oberhalb der Wasseroberfläche WO herrscht der gleiche Druck wie im umgebenden Wasser und wie im Bereich W unterhalb der Wasseroberfläche WO. Der Luftdruck-Sensor S2 misst diesen Druck. Das Ventil V3 ist geschlossen, und der Wasserdruck-Sensor S1 misst den gleichen Druck wie im Zustand SZ2. Dieser gemessene Druck ist im Zustand SZ3 höher als der Druck im Inneren des Druckkörpers 5. Die beiden Ventile V1 und V2 befinden sich jeweils in einem Zustand, der vom Regler 3 vorgegeben und von der Stell-Logik 4 eingestellt ist.
- Dynamischer Zustand DZ1 (Schleuse wird geflutet): Wasser wird in die Schleuse 1 geleitet. Das Ventil V1 ist geöffnet, so dass im Bereich L der Schleuse 1 der gleiche Druck wie im Inneren des Druckkörpers 5 herrscht. Das Ventil V2 ist geschlossen. Der Luftdruck-Sensor S2 misst weiterhin einen Wert, der gleich dem Druck im Inneren des Druckkörpers 5 ist. Das Ventil V3 befindet sich in einem Zustand (Position des Ventilkörpers), der vom Regler 3 vorgegeben und von der Stell-Logik 4 eingestellt worden ist. Der Regler 3 regelt den Zufluss von Wasser in die Schleuse 1. Weil der Wasserstand in der Schleuse 1 steigt, misst der Wasserdruck-Sensor S1 einen steigenden Wert.
- Dynamischer Zustand DZ2 (Schleuse wird gelenzt): Wasser wird aus der Schleuse 1 abgelassen. Das Ventil V1 ist geöffnet, das Ventil V2 geschlossen, und das Ventil V3 befindet sich in einem vom Regler 3 vorgegebenen Zustand. Der Regler 3 regelt den Abfluss von Wasser aus der Schleuse 1. Weil der Füllstand des Wassers in der Schleuse 1 fällt, misst der Wasserdruck-Sensor S1 einen sinkenden Wert.
- Dynamischer Zustand DZ3 (Luft in der Schleuse wird gesichert komprimiert): Der Füllstand des Wassers in der Schleuse 1 bleibt konstant, und das Ventil V3 ist geschlossen. Der Wasserdruck-Sensor S1 misst einen konstanten Wert. Die Ventile V2 und V3 befinden sich in jeweils einem vom Regler 3 vorgegebenen Zustand. Der Regler 3 regelt über die Stell-Logik 4 den Zufluss von Luft aus der Regelzellen-Anlage 7 in die Schleuse 1, und zwar so, dass der tatsächliche zeitliche Verlauf des Druckanstiegs gleich einem geforderten zeitlichen Verlauf ist und ein Taucher in der Schleuse 1 nicht gefährdet wird. Der Luftdruck-Sensor S2 und der Wasserdruck-Sensor S1 messen jeweils einen steigenden Wert.
- Dynamischer Zustand DZ4 (Luft in der Schleuse wird gesichert dekomprimiert): Der Füllstand des Wassers in der Schleuse 1 bleibt ebenfalls konstant, das Ventil V3 ist geschlossen, und der Wasserdruck-Sensor S1 misst einen fallenden Wert. Die Differenz zwischen den beiden Drücken, welche die Sensoren S1 und S2 messen, bleibt konstant. Die Ventile V1 und V2 befinden sich in jeweils einem vom Regler 3 vorgegebenen Zustand. Der Regler 3 regelt über die Stell-Logik 4 den Abfluss von Luft aus der Schleuse 1 in das Innere des Druckkörpers 5, und zwar so, dass ein Taucher in der Schleuse 1 nicht gefährdet wird. Das Regelungs-Ziel in dynamischen Zustand DZ4 ist, dass der tatsächliche zeitliche Verlauf des Druckabfalls gleich einem geforderten zeitlichen Verlauf ist. Der Luftdruck-Sensor S2 misst einen fallenden Wert.
- Dynamischer Zustand DZ5 (Luft in der Schleuse wird rasch komprimiert): Dieser Zustand wird insbesondere dafür hergestellt, um die Schleuse 1 auf das Aufnehmen eines Tauchers vorzubereiten oder um in einem Notfall rasch ein Besatzungsmitglied auszuschleusen oder um einen Gegenstand auszuschleusen. Der Zustand unterscheidet sich vom dynamischen Zustand DZ3 (Luft in der Schleuse wird gesichert komprimiert) wie folgt: Der Regler 3 steuert die Ventile V2 und V3 so an, dass der Luftdruck rasch ansteigt. Auch bei diesem raschen Anstieg sollen nur wenige Geräusche und keine Luftblasen entstehen.
- Dynamischer Zustand DZ6 (Luft in der Schleuse wird rasch dekomprimiert): Dieser Zustand wird ebenfalls nur dann erreicht, wenn sich kein Taucher in der Schleuse 1 befindet oder ein Besatzungsmitglied rasch oder ein Gegenstand ausgeschleust oder aufgenommen werden soll, und unterscheidet sich vom dynamischen Zustand DZ4 dadurch, dass die Luft rascher dekomprimiert wird. In einer Ausgestaltung wird zusätzlich das Ventil V2 geöffnet, um Druckluft in die Schleuse 1 zu leiten und dadurch den Abfluss von Wasser aus der Schleuse 1 zu beschleunigen.

**[0074]** Fig. 2 zeigt den Ablauf beim Ausschleusen eines Tauchers aus dem Schleusen-System von Fig. 1. Hierbei werden folgende Zustände erreicht und folgende Ereignisse gemessen:

- Anfänglich ist das Schleusen-System im stationären Zustand SZ1 (Schleuse ist leer).
- Der oder jeder auszuschleusende Taucher steigt über das untere Luk L1 in die Schleuse 1 und steht auf dem Gitter 2. Ein Taucher gibt ein Signal, dass nunmehr das Ausschleusen begonnen werden soll (Ereignis E1). Nunmehr

## EP 3 640 130 A1

regelt der Regler 3 automatisch die Zufuhr von Wasser und Druckluft in die Schleuse 1.

- Der Regler 3 überführt das Schleusen-System in den dynamischen Zustand DZ1 (Schleuse wird geflutet). Das Schleusen-System verbleibt in diesem dynamischen Zustand DZ1, bis ein gewünschtes Ereignis E2 eingetreten ist, welches die Zufuhr von Wasser in die Schleuse 1 beendet. Beispielsweise liegt der Druck, den der Wasserdruck-Sensor S1 misst, um einen vorgegebenen Betrag über dem Druck, den der Luftdruck-Sensor S2 misst und der gleich dem Druck im Inneren des Druckkörpers 5 ist.
- Sobald das Ereignis E2 entdeckt ist, überführt der Regler 3 das Schleusen-System in den stationären Zustand SZ2 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Innendruck herrscht).
- Das Ereignis E3 tritt automatisch ein, nachdem das Schleusen-System sich für eine vorgegebene Zeitspanne im stationären Zustand SZ2 befunden hat. Es tritt bevorzugt auch dann ein, wenn der Taucher in der Schleuse 1 ein weiteres Signal gibt. Der Regler 3 überführt das Schleusen-System nunmehr in den dynamischen Zustand DZ3 (Luft in der Schleuse wird gesichert komprimiert).
- Das Ereignis E4 ist eingetreten, wenn der Luftdruck-Sensor S2 den gleichen Druck misst, den das umgebende Wasser hat. Der Regler 3 überführt das Schleusen-System daraufhin in den statischen Zustand SZ3 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Außendruck herrscht).
- Der oder jeder Taucher steigt durch das geöffnete seitliche Luk L3 aus der Schleuse 1 aus.
- Später wird das seitliche Luk L3 wieder geschlossen.

**[0075]** In Fig. 3 wird schematisch der Ablauf gezeigt, um das Schleusen-System auf das Ausschleusen eines weiteren Tauchers vorzubereiten.

- Anfänglich befindet sich die Schleuse 1 im statischen Zustand SZ3 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Außendruck herrscht), und kein Taucher befindet sich in der Schleuse 1. Die Vorgabe E6 löst den Schritt aus, das Schleusen-System rasch für das Ausschleusen eines weiteren Tauchers vorzubereiten. Der Regler 3 überführt das Schleusen-System in den dynamischen Zustand DZ6 (Luft in der Schleuse wird rasch dekomprimiert).
- Dieser Zustand DZ6 wird beibehalten, bis das Ereignis E7 eingetreten ist, nämlich dass der Luftdruck-Sensor S2 den Druck misst, der auch im Inneren des Druckkörpers 5 herrscht.
- Das Ereignis E7 bewirkt, dass der Regler 3 das Schleusen-System in den statischen Zustand SZ2 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Innendruck herrscht) überführt.
- Nunmehr öffnet der Regler 3 das Ventil V1 vollständig und in einer Ausgestaltung das Ventil V3 teilweise (Ereignis E8). Dadurch wird das Schleusen-System in den dynamischen Zustand DZ2 (Schleuse wird gelenzt) überführt.
- Das Schleusen-System bleibt in diesem Zustand, bis die Schleuse 1 vollständig von Wasser geleert ist (Ereignis E9). Beispielsweise stellt der Regler 3 fest, dass die beiden Druck-Sensoren S1 und S2 den gleichen Druck messen. Das Schleusen-System befindet sich nunmehr im statischen Zustand SZ1 (Schleuse ist leer).

**[0076]** Fig. 4 zeigt schematisch die Schritte, die bei der Aufnahme mindestens eines Tauchers durchgeführt werden.

- Anfänglich ist das Schleusen-System im stationären Zustand SZ3 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Außendruck herrscht), und die Schleuse 1 ist leer.
- Der oder jeder aufzunehmende Taucher steigt durch das geöffnete seitliche Luk L3 in die Schleuse 1 ein und steht auf dem Gitter 2. Ein Taucher gibt ein Signal, dass nunmehr die Aufnahme begonnen werden sollen (Ereignis E10). Nunmehr regelt der Regler 3 den Abfluss von Wasser und Druckluft aus der Schleuse 1.
- Der Regler 3 überführt das Schleusen-System in den dynamischen Zustand DZ4 (Luft in der Schleuse wird gesichert dekomprimiert). Das Schleusen-System verbleibt in diesem dynamischen Zustand DZ4, bis ein gewünschtes Ereignis E11 eingetreten ist, welches den Abfluss von Luft aus dem Bereich L und somit das Dekomprimieren beendet. Dieses Ereignis E11 ist beispielsweise dann eingetreten, wenn der Luftdruck-Sensor S2 den Druck misst, der im Inneren des Druckkörpers 5 vorliegt.
- Sobald das Ereignis E11 entdeckt ist, überführt der Regler 3 das Schleusen-System in den stationären Zustand SZ2 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Innendruck herrscht).
- Der Regler 3 bewirkt das Ereignis E12, welches den Schritt umfasst, das Ventil V3 vollständig oder wenigstens zu öffnen und damit den Abfluss von Wasser aus der Schleuse 1 durch die Fluidverbindung 12 in die Regelzellen-Anlage 7 oder in den Reaktionswasser-Tank zu ermöglichen. In einer Ausgestaltung öffnet der Regler 3 zusätzlich das Ventil V2, um Druckluft in die Schleuse 1 einfließen zu lassen und dadurch den Abfluss von Wasser zu beschleunigen. Das Schleusen-System befindet sich nunmehr im dynamischen Zustand DZ2 (Schleuse wird gelenzt).
- Das Schleusen-System verbleibt im dynamischen Zustand DZ2, bis das Ereignis E9 entdeckt ist, welches auch in Fig. 3 gezeigt wird. Das Ereignis E9 ist eingetreten, wenn die Schleuse 1 vollständig von Wasser geleert ist.
- Nunmehr überführt der Regler das Schleusen-System in den stationären Zustand SZ1 (Schleuse ist leer).
- Der oder jeder Taucher auf dem Gitter 2 kann durch das geöffnete untere Luk L1 aus der Schleuse 1 aussteigen

(Ereignis E13).

- Später wird das untere Luk L1 wieder geschlossen.

**[0077]** Fig. 5 zeigt schematisch den Ablauf, um die Schleuse auf die Aufnahme eines Tauchers vorzubereiten, welcher sich im Wasser befindet und an Bord des U-Boots verbracht werden soll.

- Anfänglich befindet sich die Schleuse 1 im statischen Zustand SZ1 (Schleuse ist leer).
- Die Vorgabe E14 löst den Schritt aus, das Schleusen-System rasch für die

**[0078]** Aufnahme eines Tauchers vorzubereiten.

- Der Regler 3 überführt das Schleusen-System in den dynamischen Zustand DZ1 (Schleuse wird geblüht).
- Das Schleusen-System verbleibt im dynamischen Zustand DZ1, bis das Ereignis E2 eingetreten ist, welches auch in Fig. 2 gezeigt wird und welches die Zufuhr von Wasser in die Schleuse 1 beendet.
- Danach überführt der Regler 3 das Schleusen-System in den stationären Zustand SZ2 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Innendruck herrscht).
- Anschließend löst der Regler 3 den Schritt aus, dass die Luft in dem oberen Bereich L rasch komprimiert wird (Ereignis E15). Das Schleusen-System befindet sich hierbei im dynamischen Zustand DZ5 (Luft in der Schleuse wird rasch komprimiert).
- Das Schleusen-System verbleibt im dynamischen Zustand DZ5, bis das Ereignis E4 entdeckt wird, welches auch in Fig. 2 gezeigt wird und bedeutet, dass der Luftdruck-Sensor S2 den Druck misst, den das umgebende Wasser hat.
- Nunmehr ist das Schleusen-System im stationären Zustand SZ3, und ein Taucher kann durch das geöffnete seitliche Luk L3 in die Schleuse 1 einsteigen.
- Später wird das seitliche Luk L3 wieder geschlossen.

**[0079]** Wie bereits erwähnt, darf der Taucher durch den Druckanstieg oder Druckabfall in der Schleuse 1 nicht gefährdet werden. Andererseits sollen das Ausschleusen und das Aufnehmen so schnell wie möglich durchgeführt werden. Daher wird in einer Ausgestaltung ein geforderter zeitlicher Verlauf  $P(t)$  des Luftdrucks  $P$  im oberen Bereich L über die Zeit  $t$  vorgegeben. Dieser zeitliche Soll-Verlauf wird vorab berechnet und hängt von dem Druck des umgebenden Wassers ab, welche von dem Druck-Sensor S3 gemessen wird, oder von einem vorgegebenen Ziel-Luftdruck. Gemäß dem geforderten zeitlichen Verlauf soll der Druck in der Schleuse 1 beim Ausschleusen ansteigen, bis er den Druck des umgebenden Wassers erreicht, und beim Aufnehmen abzusinken, bis er den Druck im Inneren des Druckkörpers 5 erreicht, ohne den Taucher zu gefährden.

**[0080]** Der Regler 3 gehört zu einem geschlossenen Luftdruck-Regelkreis mit dem geforderten zeitlichen Verlauf  $P(t)$  des Luftdrucks  $P$  in der Schleuse 1 als der Führungsgröße. Die im Folgenden beschriebene Regelung wird sowohl beim Ausschleusen als auch beim Aufnehmen eines Tauchers durchgeführt, nachdem das Wasser in der Schleuse 1 eine geforderte Höhe erreicht hat (stationärer Zustand SZ2 erreicht). Dieses Ereignis wird in einer Ausgestaltung allein vom Wasserdruck-Sensor S1 entdeckt. In einer Ausgestaltung wird der Vorgang, Wasser durch die Fluidverbindung 12 in die Schleuse 1 zu leiten, beendet, wenn der Druck, den der Wasserdruck-Sensor S1 misst, um einen vorgegebenen Betrag oberhalb des Drucks, den der Luftdruck-Sensor S2 misst, liegt. Der Taucher in der Schleuse 1 wird über eine externe Versorgung versorgt, beispielsweise über Sauerstoffflaschen.

**[0081]** Der Luftdruck-Sensor S2 misst den tatsächlichen aktuellen Luftdruck  $P_{Ist}$  im Bereich L oberhalb der Wasseroberfläche WO. Um die Regelabweichung, also die Abweichung zwischen einem geforderten Druck  $P$  und dem gemessenen tatsächlichen Druck  $P_{Ist}$ , zu verringern, steuert der Regler 3 über die Stell-Logik 4 die beiden Ventile V1 und V2 an, um den Luftdruck im oberen Bereich L der Schleuse 1 zu vergrößern oder zu verkleinern. Als eine Störgröße im regelungstechnischen Sinne fungiert die Luft, die der Taucher in der Schleuse 1 ausatmet und die den Druck im Bereich L in nicht vorhersehbarer Weise verändern kann, sowie unvermeidliche Schwankungen beim Zuführen von Druckluft und / oder Wasser. Die Regelung wird durchgeführt, solange der Taucher sich in der Schleuse 1 befindet, und wird beim Ausschleusen beendet, wenn der stationäre Zustand SZ3 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Außendruck herrscht) erreicht ist und der Taucher durch das seitliche Luk L3 die Schleuse 1 verlassen kann, und beim Aufnehmen beendet, wenn der stationäre Zustand SZ2 (Schleuse ist mit Wasser gefüllt, Innendruck herrscht) erreicht ist und der Taucher durch das untere Luk L1 die Schleuse 1 verlassen kann.

**[0082]** Fig. 6 zeigt schematisch den Regelkreis, der zum Regeln des Luftdrucks verwendet wird. Die Führungsgröße ist der geforderte zeitliche Verlauf  $P(t)$  des Luftdrucks im oberen Bereich L. Die Regelgröße ist der tatsächliche Luftdruck  $P_{Ist}(t)$ , den der Luftdruck-Sensor S2 misst. Die Stellglieder sind die beiden Ventile V1 und V2. Die Stellgrößen sind die berechneten Positionen der Ventilkörper dieser beiden Ventile V1 und V2, die während der Regelung verändert werden können. Der Regler 3 berechnet die Werte für diese Stellgrößen, und die Stell-Logik 4 erzeugt entsprechende Stellbefehle für die Ventile V1 und V2.

**[0083]** Bevorzugt wird ein weiterer Regelkreis realisiert, während Wasser durch die Fluidverbindung 12 aus der Regelzellen-Anlage 7 nach oben in die Schleuse 1 geleitet wird. Verhindert werden soll, dass das Wasser, welches über die Fluidverbindung 12 in die Schleuse 1 geleitet wird, sprudelt oder gurgelt, weil dies zu unerwünschten Geräuschen führt. Ein solches unerwünschtes Sprudeln oder Gurgeln tritt vor allem bei einem niedrigen Wasserstand in der Schleuse 1 auf, also zu Beginn des Vorgangs, die Schleuse 1 zu fluten. Daher ist ein geforderter zeitlicher Verlauf der Zufluss-Geschwindigkeit  $v$  in die Schleuse 1 in Abhängigkeit vom Wasserstand  $h$  in der Schleuse 1 vorgegeben. Der Regler 3 erhält Signale von dem Wasserdruck-Sensor S1 und leitet daraus den aktuellen Wasserstand  $h_{Ist}$  in der Schleuse 1 ab. In einer Ausgestaltung erhält der Regler 3 außerdem Signale von dem Akustik-Sensor S4 und verwendet diese für die Regelung. Der Regler 3 steuert über die Stell-Logik 4 das Ventil V3 an, damit die tatsächliche Zufluss-Geschwindigkeit  $v_{Ist}$  gleich der geforderten Flussgeschwindigkeit  $v$  in Abhängigkeit vom gemessenen Wasserstand  $h_{Ist}$  ist. In einer Ausgestaltung reduziert der Regler 3 die Zufluss-Geschwindigkeit  $v$ , wenn der Akustik-Sensor S4 relevante Geräusche misst.

**[0084]** Fig. 7 zeigt schematisch den Regelkreis, der zum Zuführen des Wassers in den unteren Bereich W der Schleuse 1 verwendet wird. Die Führungsgröße ist die geforderte Fließgeschwindigkeit  $v$  des Wassers durch die Fluidverbindung 12 in die Schleuse 1 als Funktion des gemessenen Füllstands (der Füllhöhe  $h$ ). Die Regelgröße ist die gemessene tatsächliche Fließgeschwindigkeit  $v_{Ist}$ . Der Regler 3 leitet die Fließgeschwindigkeit  $v_{Ist}$  sowie den Füllstand (die Füllhöhe  $h_{Ist}$ ) des Wassers in der Schleuse 1 aus Messwerten der beiden Sensoren S1 und S2 ab. Die einzige Stellgröße ist eine einzustellende Position des Ventil V3 in der Fluidverbindung 12.

**[0085]** Vorzugsweise werden der Regler 3, die Stell-Logik 4, die Ventile V1, V2 und V3 sowie die Sensoren S1 bis S5 laufend überwacht. Falls ein Fehler entdeckt wird, so werden die Ventile V1, V2 und V3 rasch geschlossen, um eine unregelmäßige Veränderung des Luftdrucks oder des Wasserstandes in der Schleuse 1 zu verhindern. Eine Meldung wird abgegeben, so dass ein Besatzungsmitglied des U-Boots die Ventile V1, V2 und V3 manuell ansteuern kann und bei Bedarf den Kugelhahn K1 schließen kann. Insbesondere werden folgende fehlerhafte Situationen erkannt:

- Der Regler 3, die Stell-Logik 4, ein Ventil V1, V2, V3 oder ein Sensor S1 bis S5 ist ausgefallen und gibt keine Signale oder aber eine Fehlermeldung aus.
- Der Wasserdruck-Sensor S1 liefert einen kleineren Wert als der Luftdruck-Sensor S2. Dies ist ein Fehler, denn die Wassersäule über dem Wasserdruck-Sensor S1 übt immer einen größeren Druck auf den Sensor S1 aus als die Druckluft auf den Sensor S2.
- Ein Messwert von einem Sensor S1 oder S2 ist physikalisch nicht möglich, oder die Messwerte verändern sich in einer physikalisch nicht möglichen Weise.
- Ein Taucher oder ein Besatzungsmitglied hat einen Nothalt-Schalter betätigt.

**[0086]** Fig. 8 zeigt eine zweite Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems. Die Stell-Logik 4 wird in dieser und den folgenden Figuren nicht gezeigt. Das Schleusen-System gemäß Fig. 8 unterscheidet sich wie folgt von dem Schleusen-System von Fig. 1:

- Die Fluidverbindung 11 verbindet die Schleuse 1 nicht mit einer Druckluft-Anlage 6, sondern ebenfalls mit dem Inneren des Druckkörpers 5. Ein Kompressor 8 ist an der Fluidverbindung 11 angeordnet und vermag Luft aus dem Inneren des Druckkörpers 5 zu komprimieren und in die Fluidverbindung 11 zu leiten.
- Um den Druck im Bereich L der Schleuse 1 stärker zu komprimieren, als der Kompressor 8 es vermag, vermag eine Zwei-Wege-Pumpe 19 Wasser aus der Regelzellen-Anlage 7 über eine Bypass-Fluidverbindung 13 um das Ventil V3 herum in die Schleuse 1 zu pumpen und umgekehrt Wasser aus der Schleuse 1 in die Regelzellen-Anlage 7 zu fördern. Die Zwei-Wege-Pumpe 19 ist vorzugsweise als hydraulische Pumpe ausgelegt und vermag auch bei einem teilweisen Ausfall der Stromversorgung noch Wasser zu fördern.

**[0087]** Ein hoher Luftdruck wird im Bereich L der Schleuse 1 aufgebaut, indem das Ventil V1 geschlossen wird und weiteres Wasser in die Schleuse 1 gefördert wird.

**[0088]** Fig. 9 zeigt eine dritte Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems. In dieser dritten Ausführungsform sind drei Füllstands-Schalter F1, F2, F3 anstelle eines Luftdruck-Sensors S2 vorgesehen. Jeder Füllstands-Schalter F1, F2, F3 gibt ein Signal ab, wenn das Wasser in der Schleuse 1 diesen Schalter erreicht. In dieser Ausführungsform ist die Pumpe eine Ein-Weg-Pumpe 9 und vermag Wasser aus der Regelzellen-Anlage 7 in die Schleuse 1 zu fördern, aber nicht umgekehrt. Bei der dritten Ausführungsform ist die Schleuse 1 nicht über eine Fluidverbindung 11 mit einer Druckluft-Anlage verbunden. Der Druck der Luft in dem oberen Bereich L wird ausschließlich durch den Füllstand des Wassers gesteuert, wenn das Ventil V1 geschlossen ist.

**[0089]** Fig. 10 zeigt eine vierte Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems. In dieser vierten Ausführungsform ist die Schleuse 1 nicht über eine Fluidverbindung 12 mit einer Regelzellen-Anlage 7 verbunden, sondern über eine Fluidverbindung 22 mit dem Umgebungswasser, in dem das Unterwasserfahrzeug schwimmt. Eine Lenzpumpe

20 vermag Wasser gegen den Wasserdruck des umgebenden Wassers aus der Schleuse 1 hinaus zu fördern. Der Regler 3 vermag die Ein-Weg-Lenzpumpe 20 so anzusteuern, dass die Lenzpumpe 20 Wasser mit einer vorgegebenen Fließrate fördert. Zwei Ventile V4 und V5 steuern den Zufluss von umgebendem Wasser in die Schleuse 1. Das Ventil V4 hat einen größeren Durchmesser als das Ventil V5 und ermöglicht daher eine größere Durchflussrate. Der Regler 3 vermag die beiden Ventile V4 und V5 unabhängig voneinander anzusteuern und damit eine Vielzahl von möglichen Zuflussraten zu realisieren.

**[0090]** Fig. 11 zeigt eine fünfte Ausführungsform des lösungsgemäßen Schleusen-Systems. Genau wie bei der vierten Ausführungsform, die in Figur 10 gezeigt wird, steht bei der fünften Ausführungsform die Schleuse 1 über eine Fluidverbindung 22 in Verbindung mit dem umgebenden Wasser. Im Gegensatz zur vierten Ausführungsform ist genauso wie bei der zweiten Ausführungsform eine Zwei-Wege-Pumpe 19 vorhanden. Diese Zwei-Wege-Pumpe 19 wird vom Regler 3 angesteuert und vermag wahlweise Wasser aus der Schleuse 1 gegen die Druck des umgebenden Wassers hinaus zu fördern, wirkt dann also als eine Lenzpumpe, oder Wasser in die Schleuse 1 fließen zu lassen. In dieser Ausführungsform wird der Füllstand mit Hilfe des Wasserdruck-Sensors S1 sowie dreier Füllstands-Schalter F1, F2 und F3 gemessen. Bei der fünften Ausführungsform ist die Schleuse 1 nicht über eine Fluidverbindung 11 mit einer Druckluft-Anlage verbunden. Der Druck der Luft in dem oberen Bereich L wird ausschließlich durch den Füllstand des Wassers gesteuert, wenn das Ventil V1 geschlossen ist. Auch in der fünften Ausführungsform wird der Druck der Luft im Bereich L nur durch den Füllstand des Wassers gesteuert.

Bezugszeichen

1	Schleuse des Schleusen-Systems in Form einer Kammer, umfasst die Luken L1, L2 und L3, lässt sich mit Wasser füllen
2	Gitter in der Schleuse 1, auf dem ein Taucher stehen kann
3	Regler, erhält Signale von den Sensoren S1, S2, erzeugt Stellsignale für die Stell-Logik 4, um die Ventile V1, V2, V3 anzusteuern
4	Stell-Logik, erhält Stell-Signale vom Regler 3 angesteuert, steuert die Ventile V1, V2, V3 über einzelne Stellbefehle an
5	Druckkörper des Unterseeboots, umschließt den Innenraum I, der über die Fluidverbindung 10 mit der Schleuse 1 verbunden ist
6	Druckluft-Anlage, über die Fluidverbindung 10 mit der Schleuse 1 verbunden
7	Regelzellen-Anlage des Unterseeboots, vermag die Trimmelage des U-Boots im Wasser zu verändern, über die Fluidverbindung 11 mit der Schleuse 1 verbunden
8	optionaler Kompressor, an der Fluidverbindung 11 angeordnet, komprimiert Luft aus dem Inneren des Druckkörpers 5
9	Ein-Weg-Pumpe, vermag Wasser aus der Regelzellen-Anlage 7 durch eine Fluidverbindung 13, 22 in die Schleuse 1 zu pumpen
10	Fluidverbindung zum Entlüften der Schleuse 1, führt in den Druckkörper 5, lässt sich durch das Ventil V1 schließen
11	Fluidverbindung, welche die Druckluft-Anlage 6 mit der Schleuse 1 verbindet, lässt sich durch das Ventil V2 schließen
12	Fluidverbindung von der Regelzellenanlage 7 zur Schleuse 1, lässt sich durch das Ventil V3 schließen
13	Bypass-Fluidverbindung um das Ventil V3 herum
16	Schalldämpfer, an der Mündung der Fluidverbindung 11 in die Schleuse 1 angeordnet
19	Zwei-Wege-Pumpe, vermag wahlweise Wasser in die Schleuse 1 oder aus der Schleuse 1 zu fördern
20	Lenzpumpe, fördert Wasser aus der Schleuse 1 gegen den Druck des umgebenden Wassers nach außen
22	Fluidverbindung, welche die Schleuse 1 mit dem umgebenden Wasser verbindet
F1, F2, F3	Füllstands-Schalter an der Wand der Schleuse 1, erzeugt ein Signal, wenn das Wasser in der Schleuse 1 den jeweiligen Schalter erreicht
I	Innenraum im Inneren des Druckbehälters 5

## EP 3 640 130 A1

(fortgesetzt)

5	K1	mechanischer Kugelhahn, ermöglicht es, die Fluidverbindung 10 manuell zu schließen
	L	Bereich in der Schleuse 1 oberhalb der Wasseroberfläche WO, von Druckluft gefüllt
	L1	unteres Luk durch welche ein Taucher in die Schleuse 1 gelangen kann
	L2	oberes Luk, fungiert als Notausstieg
10	L3	seitliches Luk, durch welche ein Taucher seitlich aus der Schleuse 1 aussteigen kann
	M1	analoges Manometer, misst den Wasserdruck in der Fluidverbindung 12
	S1	elektronischer Wasserdruck-Sensor, misst den Druck des Wassers im Bereich W der Schleuse 1 unterhalb der Oberfläche WO, an der Innenwand der Schleuse 1 angebracht
15	S2	elektronischer Luftdruck-Sensor, misst den Druck der Luft im Bereich L der Schleuse 1 oberhalb der Wasseroberfläche WO, an der Innenwand der Schleuse 1 angebracht
	S3	Außendruck-Sensor, misst den Druck des Wassers, welches das U-Boot umgibt
	S4	Akustik-Sensor, misst die Geräusentwicklung am Zulauf der Fluidverbindung 12 in die Schleuse 1
20	S5	Innendruck-Sensor, misst den Luftdruck, der im Inneren des Druckbehälters 5 herrscht
	V1	Ventil in der Fluidverbindung 10 zum Entlüften der Schleuse 1
	V2	Ventil in der Fluidverbindung 11 von der Druckluft-Anlage 6 zur Schleuse 1
	V3	Ventil in der Fluidverbindung 12 von der Regelzellenanlage 7 zur Schleuse 1
25	V4, V5	Ventil, welche den Zufluss von umgebenden Wasser in die Schleuse 1 steuern
	W	Bereich in der Schleuse 1 unterhalb der Wasseroberfläche WO, vom Wasser gefüllt
	WO	Wasseroberfläche des Wassers in der Schleuse 1

30

### Patentansprüche

1. Unterwasserfahrzeug mit einem Schleusen-System zum Ausschleusen mindestens eines Tauchers unter Wasser, wobei das Schleusen-System

35

- eine Schleuse (1) zum Ausschleusen des oder mindestens eines Tauchers,
- eine erste Fluidverbindung (11, 12) und
- eine erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3)

40

umfasst,

wobei ein Fluid durch die erste Fluidverbindung hindurch in die Schleuse (1) hinein leitbar ist, wobei die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) dazu ausgestaltet ist, die Fließrate von Fluid durch die erste Fluidverbindung (11, 12) hindurch in die Schleuse (1) auf einen vorgegebenen Wert einzustellen,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

45

das Schleusen-System

- einen Regler (3, 4) und
- einen Fluiddruck-Sensor (S2)

50

umfasst,

wobei der Fluiddruck-Sensor (S2) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit dem Druck ( $P_{Ist}(t)$ ) eines Fluids in der Schleuse (1) korreliert, und

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist,

55

abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der gemessene Fluiddruck ( $P_{Ist}(t)$ ) ansteigt, bis er gleich einem vorgegebenen oder gemessenen oder berechneten Zielwert ( $P(t)$ ) für den Fluiddruck ist.

2. Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Unterwasserfahrzeug einen Wasserdruck-Sensor (S3) umfasst, welcher dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, welche mit dem Druck des das Unterwasserfahrzeug umgebenden Wassers korreliert ist, wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, den Zielwert in Abhängigkeit von einem Signal des Wasserdruck-Sensors (S3) zu berechnen.

3. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) dergestalt anzusteuern, dass der Anstieg des Fluiddrucks ( $P_{Ist}(t)$ ) in der Schleuse (1) eine vorgegebene Nebenbedingung erfüllt.

4. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

in einem Datenspeicher des Reglers (3, 4) mindestens ein Druck-Verlauf ( $P(t)$ ) abgespeichert ist, wobei der oder jeder abgespeicherte Druck-Verlauf einen geforderten zeitlichen Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks in der Schleuse (1) vorgibt und wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der zeitliche Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks ( $P_{Ist}(t)$ ) gleich dem oder einem abgespeicherten geforderten zeitlichen Druck-Verlauf ist.

5. Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 4,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

in dem Datenspeicher des Reglers (3, 4) ein erster und mindestens ein zweiter zeitlicher Druck-Verlauf abgespeichert sind,

wobei die beiden Druck-Verläufe sich hinsichtlich der geforderten Geschwindigkeit und / oder der Beschleunigung, mit welcher der Druck in einem Zeitintervall zunimmt, unterscheiden,

wobei ein abgespeicherter zeitlicher Druck-Verlauf auswählbar ist und

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) wahlweise

- mit dem Regelungs-Ziel, dass der zeitliche Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks gleich dem ersten abgespeicherten Druck-Verlauf ist, oder

- mit dem Regelungs-Ziel, dass der zeitliche Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks gleich dem zweiten abgespeicherten Druck-Verlauf ist,

anzusteuern.

6. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

Wasser als das Fluid durch die erste Fluidverbindung (11, 12) hindurch in die Schleuse (1) hinein leitbar ist, wobei ein Zustand herstellbar ist, in welchem

- ein unterer Bereich (W) der Schleuse (1) mit Wasser gefüllt ist und

- ein oberer Bereich (L) der Schleuse (1) mit Luft gefüllt ist,

wobei der Fluiddruck-Sensor (S2) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit dem Druck ( $P_{Ist}(t)$ ) der Luft im oberen Bereich (L) korreliert,

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist,

abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern,

dass die erste Fluidverbindung (11, 12) den Zufluss von Wasser in die Schleuse (1) solange bewirkt oder ermöglicht, bis der steigende Füllstand des Wassers in der Schleuse (1) zu einem Luftdruck im oberen Bereich (L) führt, der gleich dem Zielwert für den Luftdruck ist.

7. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,



**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Unterwasserfahrzeug ein Reservoir (6, 8, I) für Fluid, insbesondere für Luft, aufweist und die erste Fluidverbindung (11, 12) den Zufluss von Fluid aus dem Luft-Reservoir (6, 8, I) hindurch in die Schleuse (1) hinein bewirkt oder ermöglicht.

5

**8.** Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Fluid-Reservoir (6, 8, I) eine Druckluft-Anlage (6) umfasst und die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) ein Druckluft-Ventil (V2) umfasst, wobei die Druckluft-Anlage (6) dazu ausgestaltet ist, Druckluft bereitzustellen, und wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, zur Erreichung des Regelungs-Ziels das Druckluft-Ventil (V2) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) anzusteuern.

10

**9.** Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 7 oder Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Fluid-Reservoir (6, 8, I) einen Kompressor (8) für Luft umfasst, wobei der Luft-Kompressor (8) dazu ausgestaltet ist, im oberen Bereich (L) der Schleuse (1) einen Luftdruck zu erzeugen, der größer als der Luftdruck im Luft-Reservoir ist, und wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) den Luft-Kompressor (8) mit dem Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der Luftdruck im oberen Bereich (L) ansteigt, bis er gleich dem Zielwert für den Luftdruck ist.

15

20

**10.** Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Schleusen-System

25

- eine zweite Fluidverbindung (12) und
- eine zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3)

umfasst,

30

wobei durch die erste Fluidverbindung (11) hindurch Luft in die Schleuse (1) hinein leitbar ist, wobei durch die zweite Fluidverbindung (12) hindurch Wasser in die Schleuse (1) hinein leitbar ist, wobei ein Zustand herstellbar ist, in welchem

35

- ein unterer Bereich (W) der Schleuse (1) mit Wasser gefüllt ist und
- ein oberer Bereich (L) der Schleuse (1) mit Luft gefüllt ist,

wobei die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) dazu ausgestaltet ist, abhängig von einer Ansteuerung durch den Regler (3, 4) den Fluss von Wasser durch die zweite Fluidverbindung (12) entweder zu verhindern oder aber ermöglichen oder zu bewirken, und

40

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist,

- sowohl die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2) zur Erreichung des Regelungs-Ziels abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) anzusteuern
- als auch die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) dergestalt anzusteuern, dass die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) den Zufluss von Wasser in die Schleuse (1) bewirkt oder ermöglicht, bis der steigende Füllstand des Wassers in der Schleuse (1) eine vorgegebene Eigenschaft erfüllt.

45

**11.** Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Schleusen-System einen Füllstands-Sensor (F1, F2, F3, S1, S2) umfasst, wobei der Füllstand-Sensor (F1, F2, F3, S1, S2) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit dem Füllstand des Wassers in dem unteren Bereich (W) korreliert, wobei ein Zustand herstellbar ist, in welchem

55

- ein unterer Bereich (W) der Schleuse (1) mit Wasser gefüllt ist und
- ein oberer Bereich (L) der Schleuse (1) mit Luft gefüllt ist,

wobei die erste Fluidverbindung oder eine weitere Fluidverbindung (12) des Schleusen-Systems als eine Wasser-

Fluidverbindung ausgestaltet ist, durch welche Wasser in die Schleuse (1) leitbar ist, wobei die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit oder eine weitere Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) des Schleusen-Systems als eine Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit ausgestaltet ist, welche die Fließrate von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung (12) hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen vermag, wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist,

- den aktuellen Füllstand des Wassers in der Schleuse (1) abhängig von Signalen des Füllstands-Sensors (F1, F2, F3, S1, S2) zu ermitteln,
- die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) abhängig vom ermittelten Füllstand anzusteuern und
- zur Erreichung des Regelungs-Ziel die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) und abhängig von dem ermittelten aktuellen Füllstand des Wassers anzusteuern.

12. Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 11,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist,

den aktuellen Füllstand des Wassers in der Schleuse (1) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) und von Signalen des Füllstands-Sensors (F1, F2, F3, S1, S2) zu berechnen.

13. Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 11 oder Anspruch 12,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

eine geforderte funktionale Abhängigkeit (v(h))

- eines Maßes für die Fließ-Geschwindigkeit (v) oder für die Fließ-Rate von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung (12)
- in Abhängigkeit des Füllstands (h) von Wasser in der Schleuse (1)

vorgegeben ist,

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) mit dem Ziel anzusteuern,

dass die tatsächliche Fließ-Geschwindigkeit (v) oder Fließ-Rate durch die Wasser-Fluidverbindung gemäß der geforderten funktionalen Abhängigkeit (v(h)) von dem ermittelten tatsächlichen Füllstand (h) in der Schleuse (1) abhängt.

14. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Unterwasserfahrzeug einen Wassertank (7) umfasst,

wobei die erste Fluidverbindung oder eine weitere Fluidverbindung (12) des Schleusen-Systems als eine Wasser-Fluidverbindung (12) ausgestaltet ist, durch welche Wasser aus dem Wassertank in die Schleuse (1) leitbar ist,

wobei die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit oder eine weitere Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) des Schleusen-Systems als eine Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) ausgestaltet ist, welche die Fließrate von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung (12) hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen vermag, und wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) anzusteuern.

15. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die erste Fluidverbindung oder eine weitere Fluidverbindung (22) des Schleusen-Systems als eine Wasser-Fluidverbindung ausgestaltet ist, durch welche Wasser, welches das Unterwasserfahrzeug umgibt, in die Schleuse (1) leitbar ist,

wobei die erste oder eine weitere Fließraten-Einstellungs-Einheit (20) des Schleusen-Systems als eine Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit ausgestaltet ist, welche die Fließrate von Wasser durch die Wasser-Fluidverbindung (22) hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen vermag, und wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, die Wasser-Fließraten-Einstellungs-Einheit (20) anzusteuern.

16. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Schleusen-System

- eine dritte Fluidverbindung (10) und

- eine dritte Fließraten-Einstellungs-Einheit (V1)

umfasst,

wobei durch die dritte Fluidverbindung (10) hindurch Fluid aus der Schleuse (1) heraus leitbar ist, wobei die dritte Fließraten-Einstellungs-Einheit (V1) dazu ausgestaltet ist, die Fließrate von Fluid durch die dritte Fluidverbindung (10) hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen, und wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) zur Erreichung des Regelungs-Ziels zusätzlich die dritte Fließraten-Einstellungs-Einheit (V1) anzusteuern.

17. Unterwasserfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleusen-System

- eine Einstiegs-Öffnung (L1) und
- eine Ausstiegs-Öffnung (L3),

umfasst,

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist, die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit anzusteuern, während beide Öffnungen (L1, L3) geschlossen sind.

18. Verfahren zur Ausschleusung mindestens eines Tauchers unter Wasser aus einem getauchten Unterwasserfahrzeug, wobei zur Ausschleusung ein Schleusen-System des Unterwasserfahrzeugs verwendet wird, wobei das verwendete Schleusen-System

- eine Schleuse (1) zum Aufnehmen des oder mindestens eines Tauchers,
- eine erste Fluidverbindung (11, 12) und
- eine erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3)

umfasst,

wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass

- der oder jeder Taucher sich aus dem Unterwasserfahrzeug in die Schleuse (1) begibt,
- ein Fluid durch die erste Fluidverbindung hindurch in die Schleuse (1) hinein geleitet wird,
- die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) die Fließrate von Fluid durch die erste Fluidverbindung (11, 12) hindurch in die Schleuse (1) auf einen vorgegebenen Wert einstellt, und
- der oder jeder Taucher sich aus der Schleuse (1) in das umgebende Wasser begibt,

**dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleusen-System

- einen Regler (3, 4) und
- einen Fluiddruck-Sensor (S2)

umfasst,

wobei das Verfahren die weiteren Schritte umfasst, dass

- der Fluiddruck-Sensor (S2) eine Größe misst, die mit dem Druck eines Fluids in der Schleuse (1) korreliert, und
- der Regler (3, 4) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) automatisch mit dem Regelungs-Ziel ansteuert, dass der gemessene Fluiddruck ( $P_{Ist}(t)$ ) ansteigt, bis er gleich einem vorgegebenen oder gemessenen oder berechneten Zielwert für den Fluiddruck ( $P(t)$ ) ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

in einem Datenspeicher des Reglers (3, 4) mindestens ein Druck-Verlauf abgespeichert ist, wobei der oder jeder abgespeicherte Druck-Verlauf einen geforderten zeitlichen Verlauf des Drucks im oberen Bereich (L) der Schleuse (1) vorgibt, wobei der Schritt, dass der Regler (3, 4) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit ansteuert, den Schritt umfasst, dass

der Fluiddruck-Sensor (S2) einen zeitlichen Verlauf der mit dem Fluiddruck korrelierenden Größe misst, der Regler (3, 4) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) mit dem Regelungs-Ziel ansteuert, dass der gemessene zeitliche Verlauf des ansteigenden Fluiddrucks gleich dem oder einem abgespeicherten geforderten zeitlichen Druck-Verlauf ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

in einem Datenspeicher des Reglers (3, 4) mindestens zwei unterschiedliche zeitliche Druck-Verläufe abgespeichert sind, wobei jeder abgespeicherte Druck-Verlauf einen geforderten zeitlichen Verlauf des Fluiddrucks in der Schleuse (1) vorgibt, wobei die beiden Druck-Verläufe sich hinsichtlich der Geschwindigkeit und / oder der Beschleunigung, mit welcher der Druck in einem Zeitintervall zunimmt, unterscheiden, wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass

- ein abgespeicherter Druck-Verlauf ausgewählt wird und
- der Regler (3, 4) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) mit dem Regelungs-Ziel ansteuert,
- dass der zeitliche Verlauf des gemessenen ansteigenden Fluiddrucks gleich dem ausgewählten geforderten zeitlichen Druck-Verlauf ist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Schleusen-System

- eine zweite Fluidverbindung (12) und
- eine zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3)

umfasst,

wobei ein Zustand hergestellt wird, in welchem

- ein unterer Bereich (W) der Schleuse (1) mit Wasser gefüllt ist und
- ein oberer Bereich (L) der Schleuse (1) mit Luft gefüllt ist,

während der Taucher sich in der Schleuse (1) befindet, und wobei das Verfahren einen Luftdruck-Anstiegs-Vorgang und einen Füllstands-Anstiegs-Vorgang umfasst, wobei der Luftdruck-Anstiegs-Vorgang die Schritte umfasst, dass

- durch die erste Fluidverbindung (11) hindurch Luft in die Schleuse (1) hinein geleitet wird und
- der Regler (3, 4) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) zur Erreichung des Regelungs-Ziels ansteuert und

wobei der Füllstands-Anstiegs-Vorgang die Schritte umfasst, dass

- durch die zweite Fluidverbindung (12) hindurch Wasser in die Schleuse (1) hinein geleitet wird, so dass der Füllstand ansteigt, und
- der Regler (3, 4) die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) dergestalt ansteuert, dass die zweite Fließraten-Einstellungs-Einheit (V3) den Zufluss von Wasser in die Schleuse (1) bewirkt oder ermöglicht, bis der Füllstand des Wassers in der Schleuse (1) eine vorgegebene Eigenschaft erfüllt.

22. Verfahren nach Anspruch 21,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Füllstands-Anstiegs-Vorgang vor dem Luftdruck-Anstiegs-Vorgang begonnen wird und der Luftdruck-Anstiegs-Vorgang begonnen wird, bevor der Füllstands-Anstiegs-Vorgang beendet wird.

23. Unterwasserfahrzeug mit

- einem Druckkörper (5), der einen fluidgefüllten Innenbereich (I), in dem sich ein Mensch aufhalten kann, umschließt, und
- einem Schleusen-System zum Aufnehmen mindestens eines Tauchers unter Wasser, wobei das Schleusen-System
- 5 - eine Schleuse (1) zum Aufnehmen des oder mindestens eines Tauchers,
- eine erste Fluidverbindung (11, 12) und
- eine erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3)

umfasst,

10 wobei ein Fluid durch die erste Fluidverbindung (11, 12) hindurch aus der Schleuse (1) heraus leitbar ist, wobei die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) dazu ausgestaltet ist, die Fließrate von Fluid aus der Schleuse (1) durch die erste Fluidverbindung (11, 12) hindurch auf einen vorgegebenen Wert einzustellen,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das Schleusen-System

- einen Regler (3, 4) und
- einen Fluiddruck-Sensor (S2)

umfasst,

20 wobei der Fluiddruck-Sensor (S2) dazu ausgestaltet ist, eine Größe zu messen, die mit dem Druck ( $P_{Ist}(t)$ ) eines Fluids in der Schleuse (1) korreliert, und

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist,

abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) mit dem

25 Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der gemessene Fluiddruck ( $P_{Ist}(t)$ ) absinkt, bis er gleich dem Druck im Innenbereich (I) des Druckkörpers (5) ist.

#### 24. Unterwasserfahrzeug nach Anspruch 23,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

in einem Datenspeicher des Reglers (3, 4) mindestens ein Druck-Verlauf abgespeichert ist,

30 wobei der oder jeder abgespeicherte Druck-Verlauf einen geforderten zeitlichen Verlauf des absinkenden Fluid-drucks in der Schleuse (1) vorgibt,

wobei der Regler (3, 4) dazu ausgestaltet ist,

abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) mit dem

35 Regelungs-Ziel anzusteuern, dass der zeitliche Verlauf des absinkenden gemessenen Fluiddrucks ( $P_{Ist}(t)$ ) gleich dem oder einem abgespei-cherten geforderten zeitlichen Druck-Verlauf ist.

#### 25. Verfahren zum Aufnehmen mindestens eines Tauchers unter Wasser in ein getauchtes Unterwasserfahrzeug,

wobei das Unterwasserfahrzeug

- einen Druckkörper (5), der einen fluidgefüllten Innenbereich (I), in dem sich ein Mensch aufhalten kann, umschließt, und
- ein Schleusen-System zum Aufnehmen des oder jedes Tauchers unter Wasser

umfasst,

wobei das Schleusen-System

- eine Schleuse (1) zum Aufnehmen des oder mindestens eines Tauchers,
- eine erste Fluidverbindung (11, 12) und
- 50 - eine erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3)

umfasst,

wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass

- der oder jeder Taucher sich aus dem umgebenden Wasser in die Schleuse (1) begibt,
- ein Fluid aus der Schleuse (1) heraus durch die erste Fluidverbindung (11, 12) hindurch geleitet wird,
- die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit die Fließrate von Fluid aus der Schleuse (1) durch die erste Fluid-  
55 verbindung (11, 12) hindurch auf einen vorgegebenen Wert einstellt und

## EP 3 640 130 A1

- der oder jeder Taucher sich aus der Schleuse (1) in den Innenbereich (I) begibt,

**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Schleusen-System

5

- einen Regler (3, 4) und
- einen Fluiddruck-Sensor (S2)

umfasst,

10

wobei das Verfahren die weiteren Schritte umfasst, dass

- der Fluiddruck-Sensor (S2) eine Größe misst, die mit dem Druck ( $P_{Ist}(t)$ ) eines Fluids in der Schleuse (1) korreliert, und

15

- der Regler (3, 4) abhängig von Signalen des Fluiddruck-Sensors (S2) die erste Fließraten-Einstellungs-Einheit (V2, V3) automatisch mit dem Regelungs-Ziel ansteuert, dass der gemessene Fluiddruck ( $P_{Ist}(t)$ ) absinkt, bis er gleich dem Druck im Innenbereich (I) des Druckkörpers (5) ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

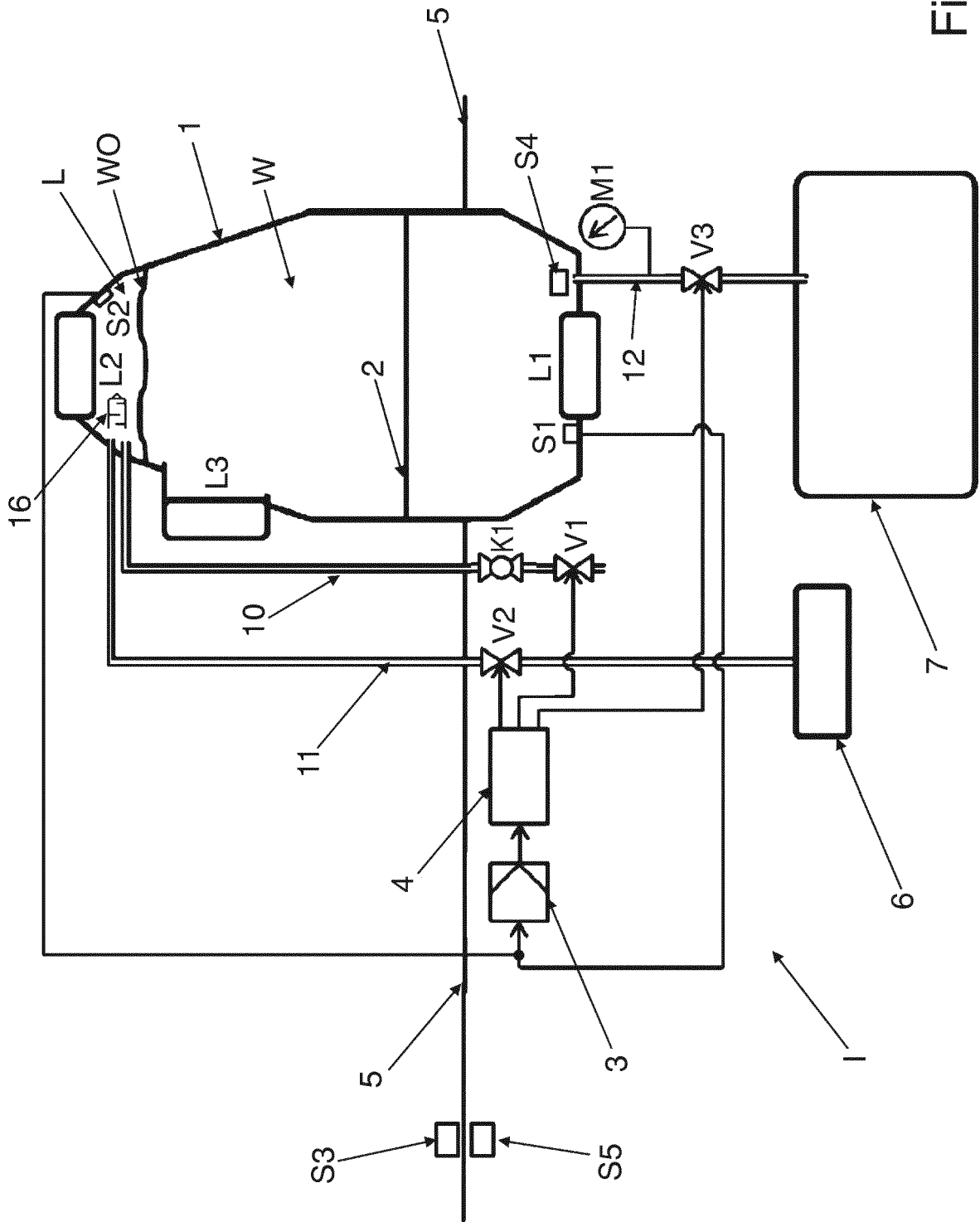


Fig. 1

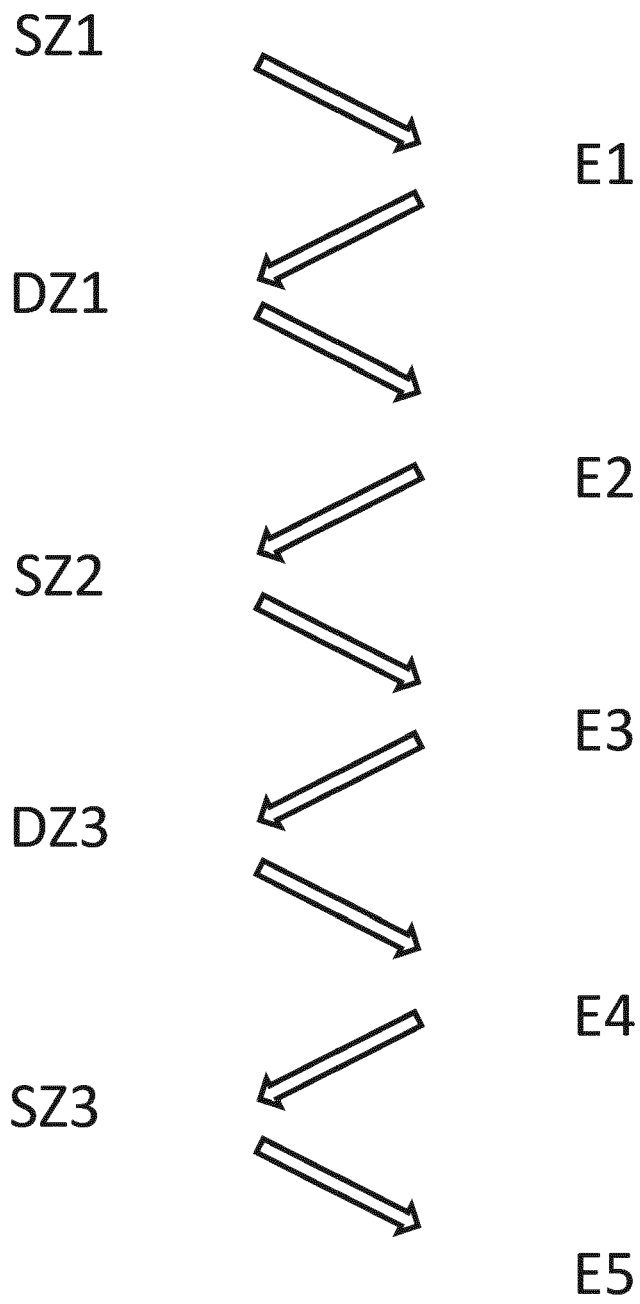


Fig. 2



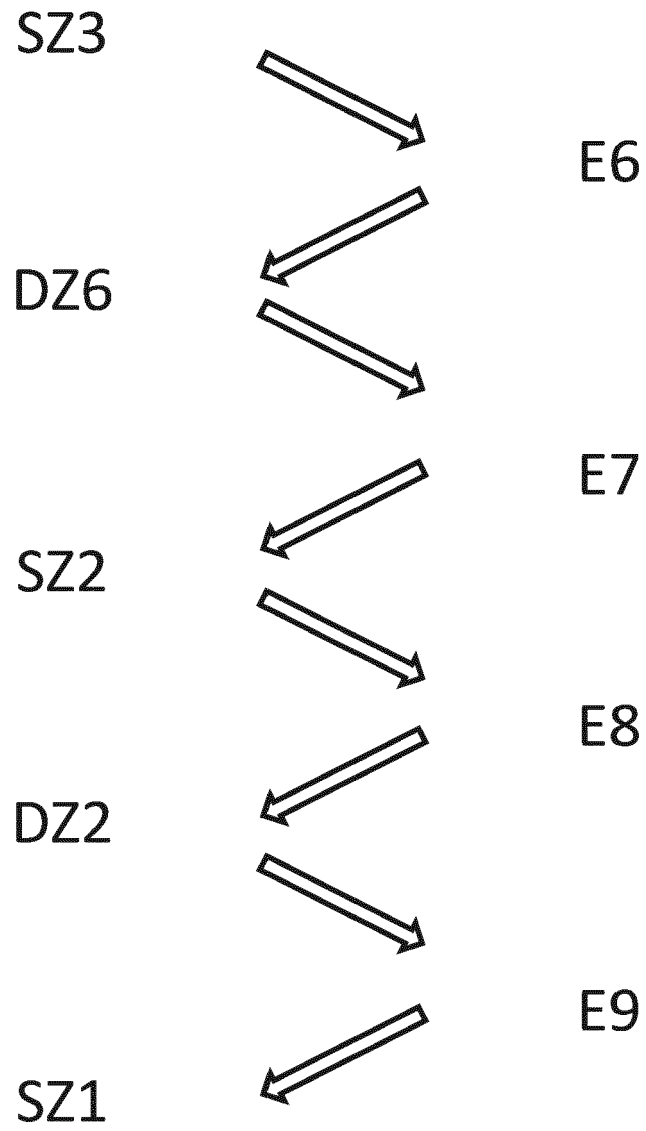


Fig. 3

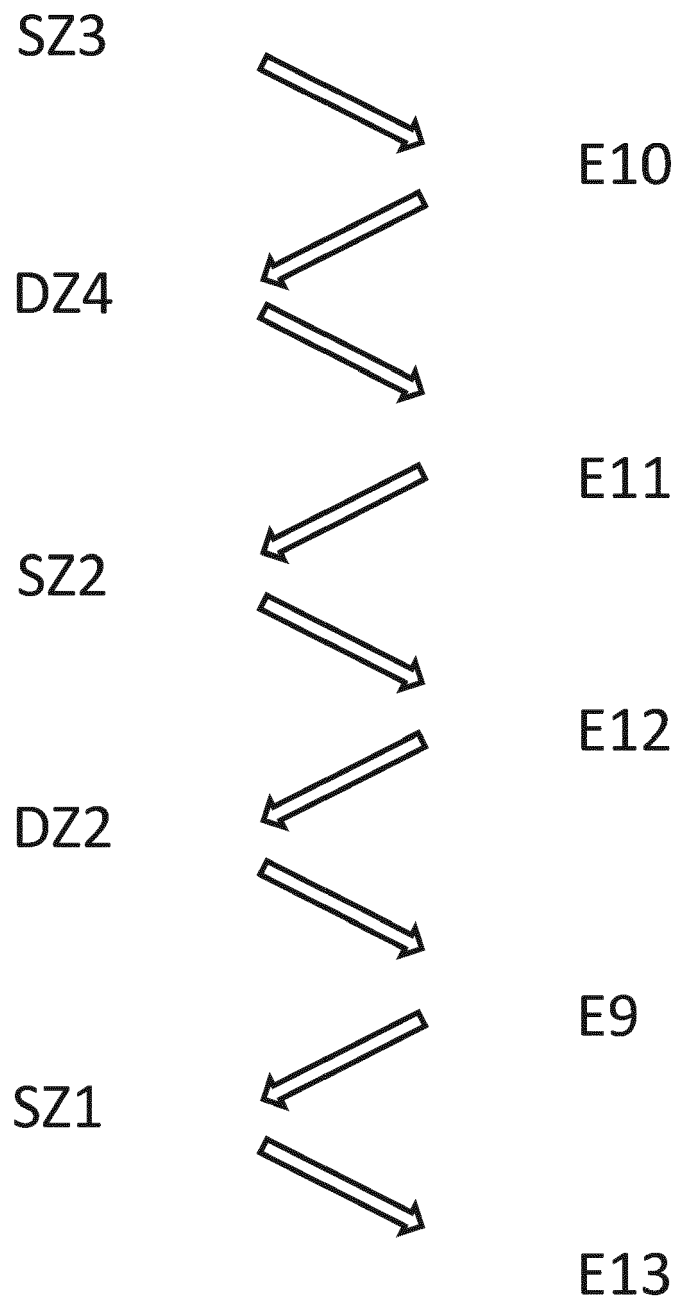


Fig. 4

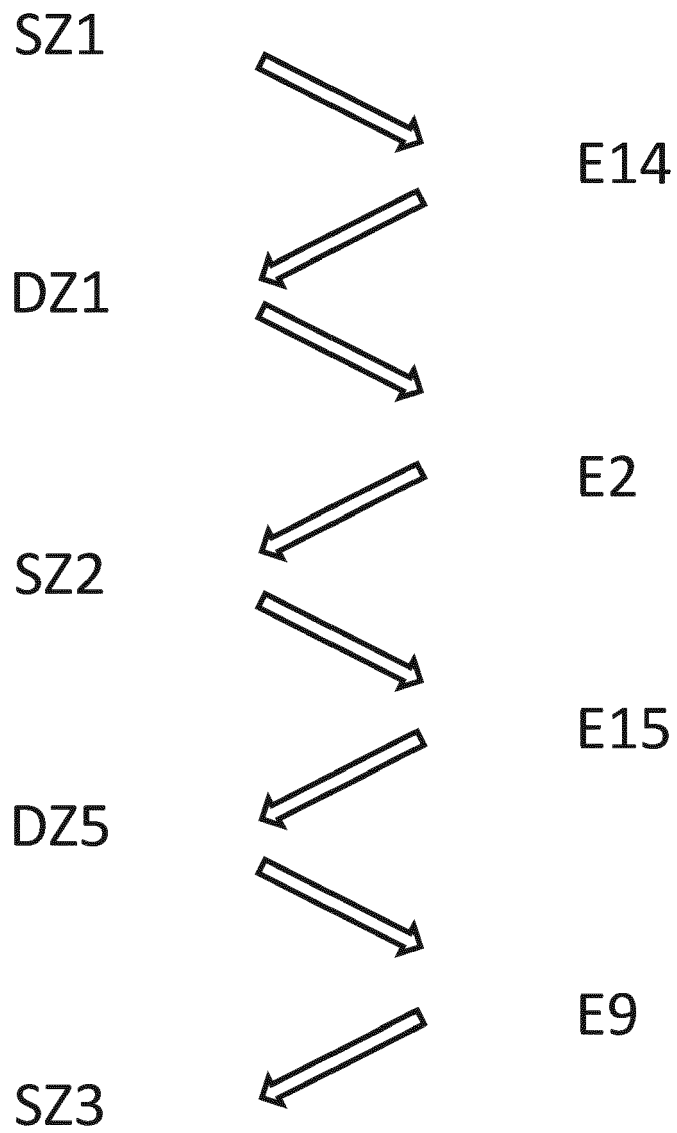


Fig. 5

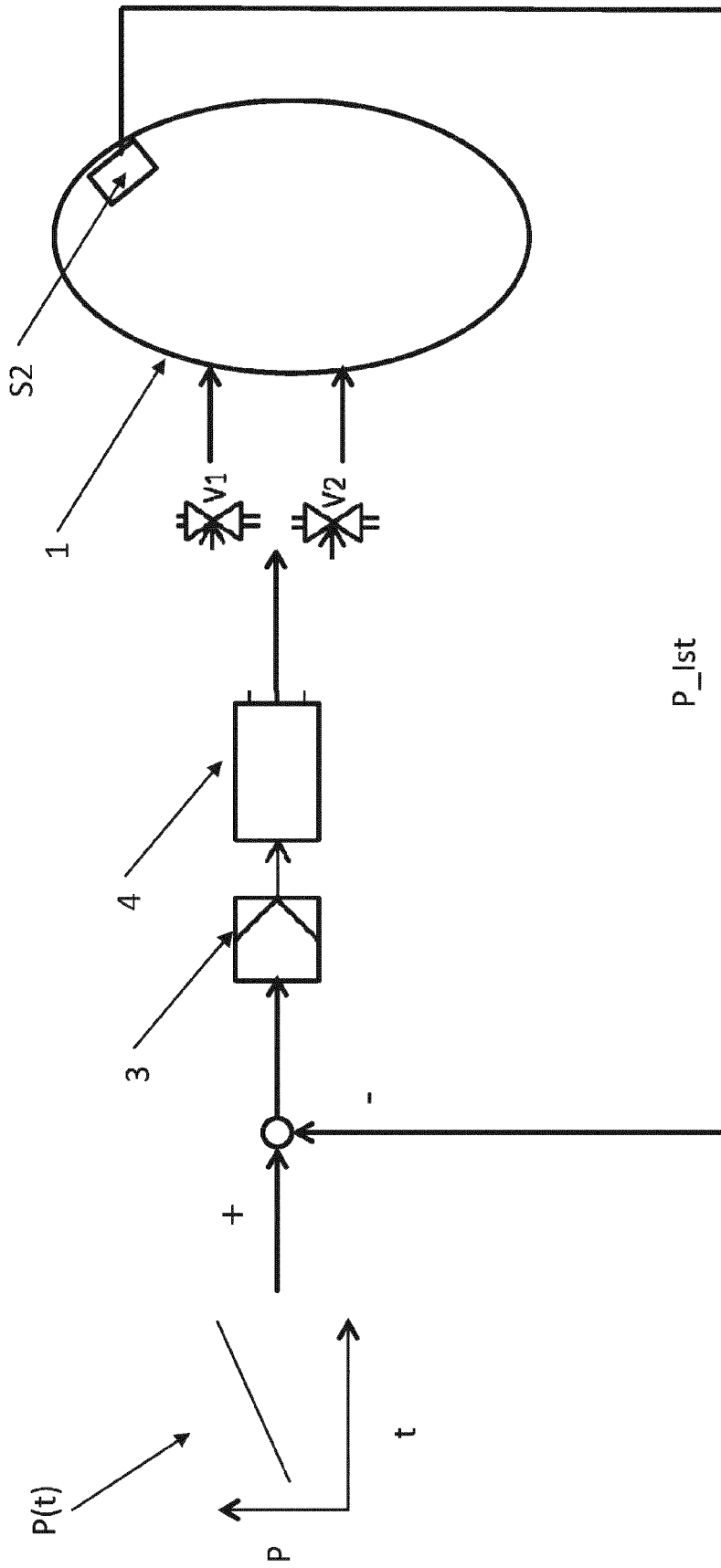


Fig. 6

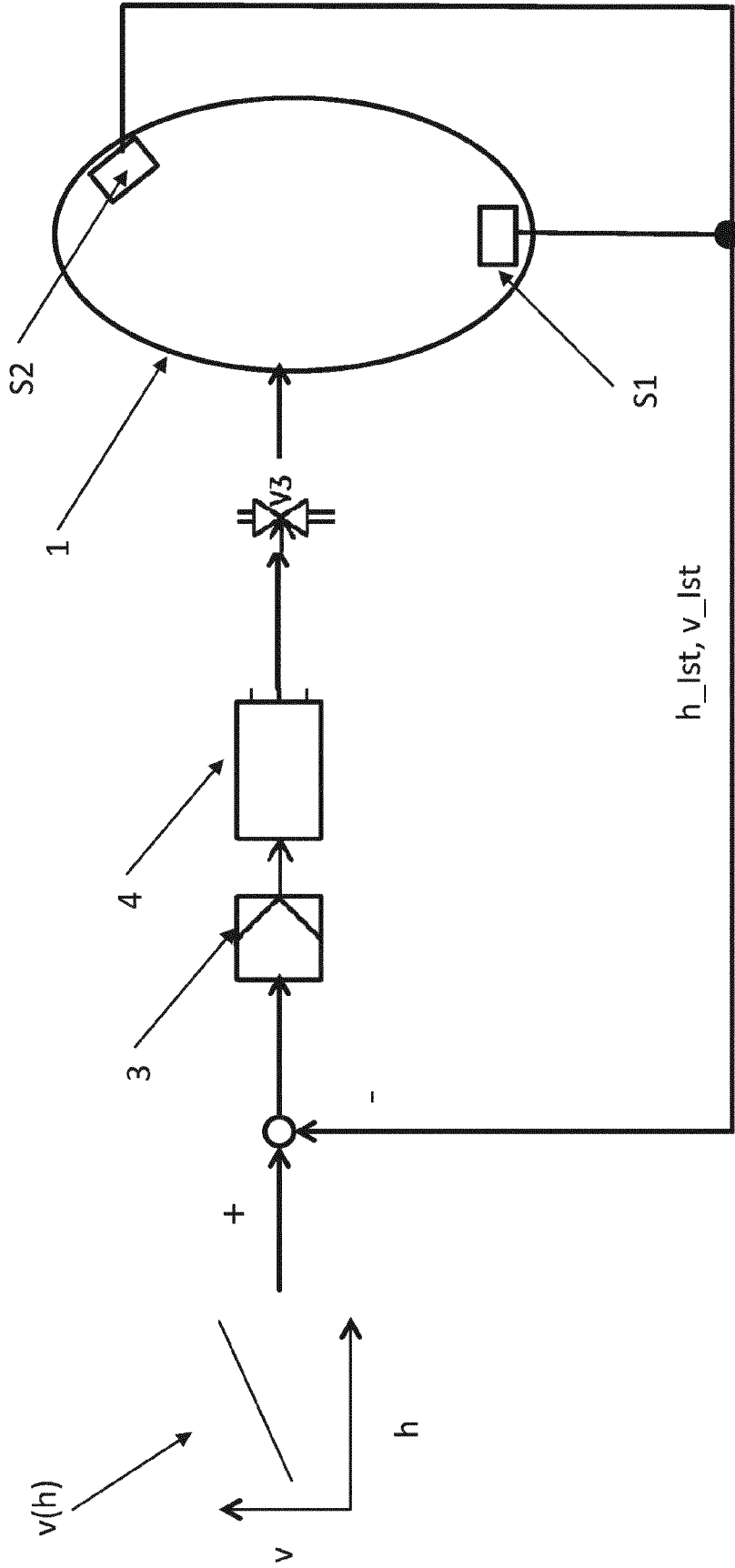


Fig. 7

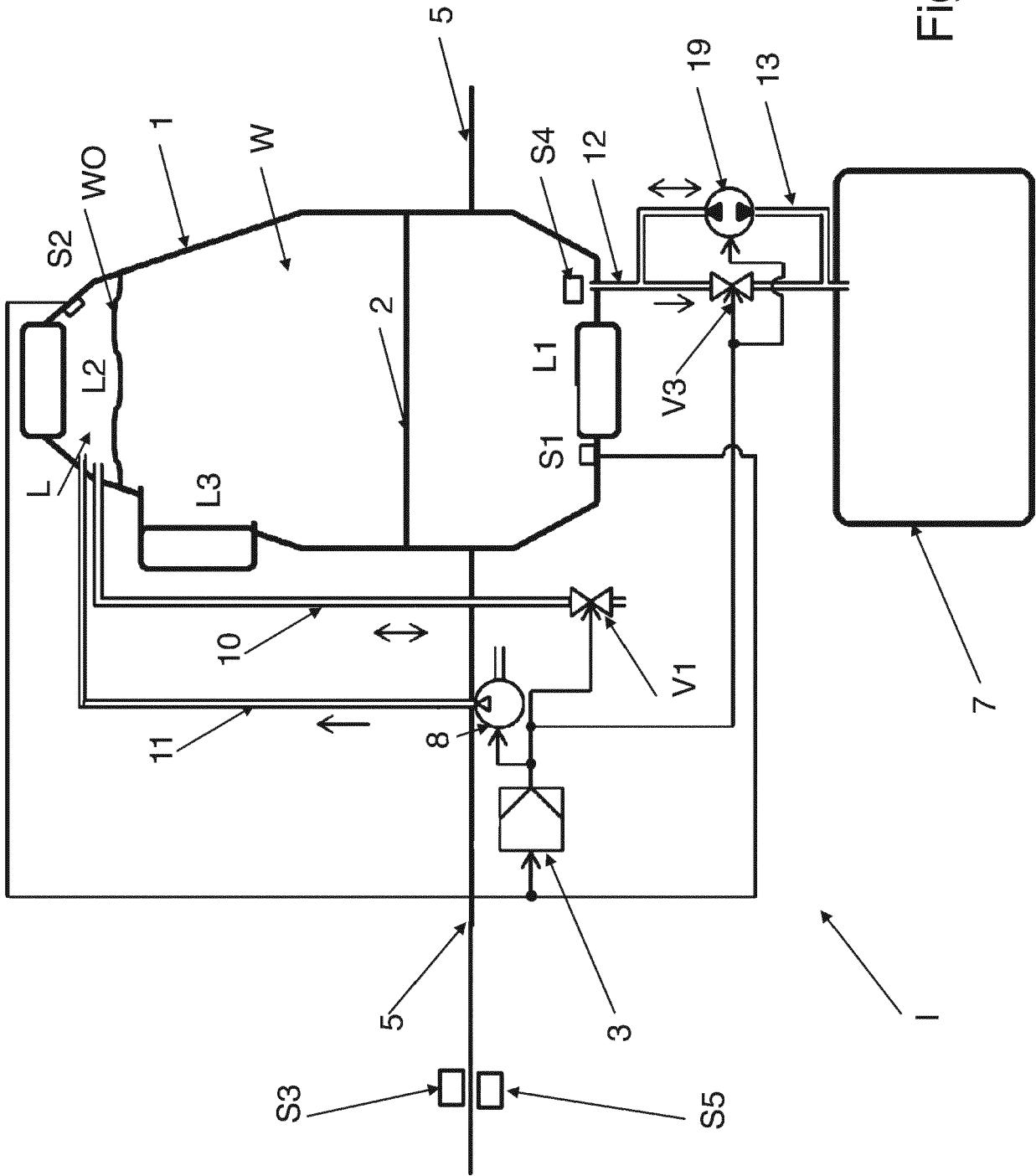


Fig. 8

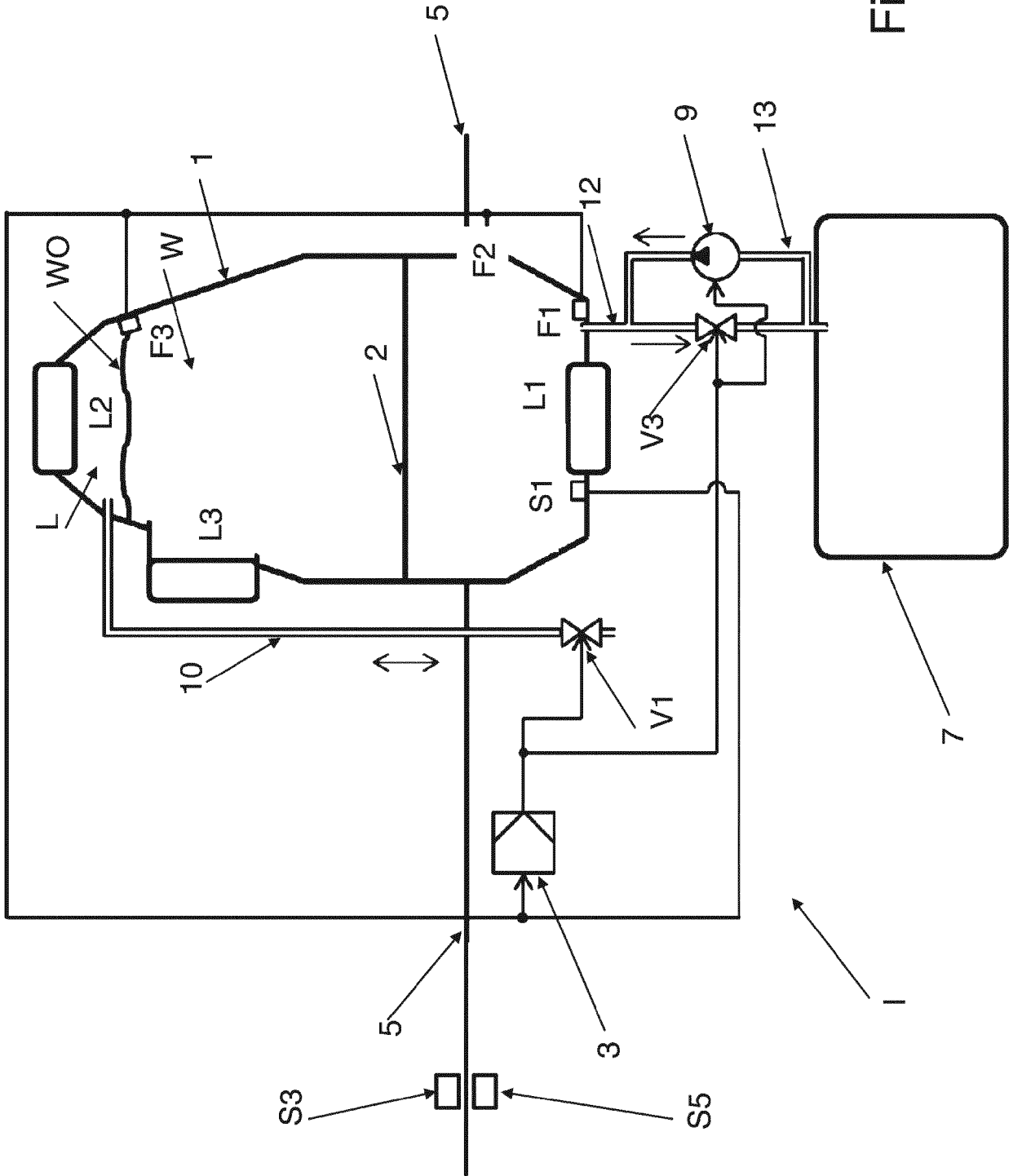


Fig. 9

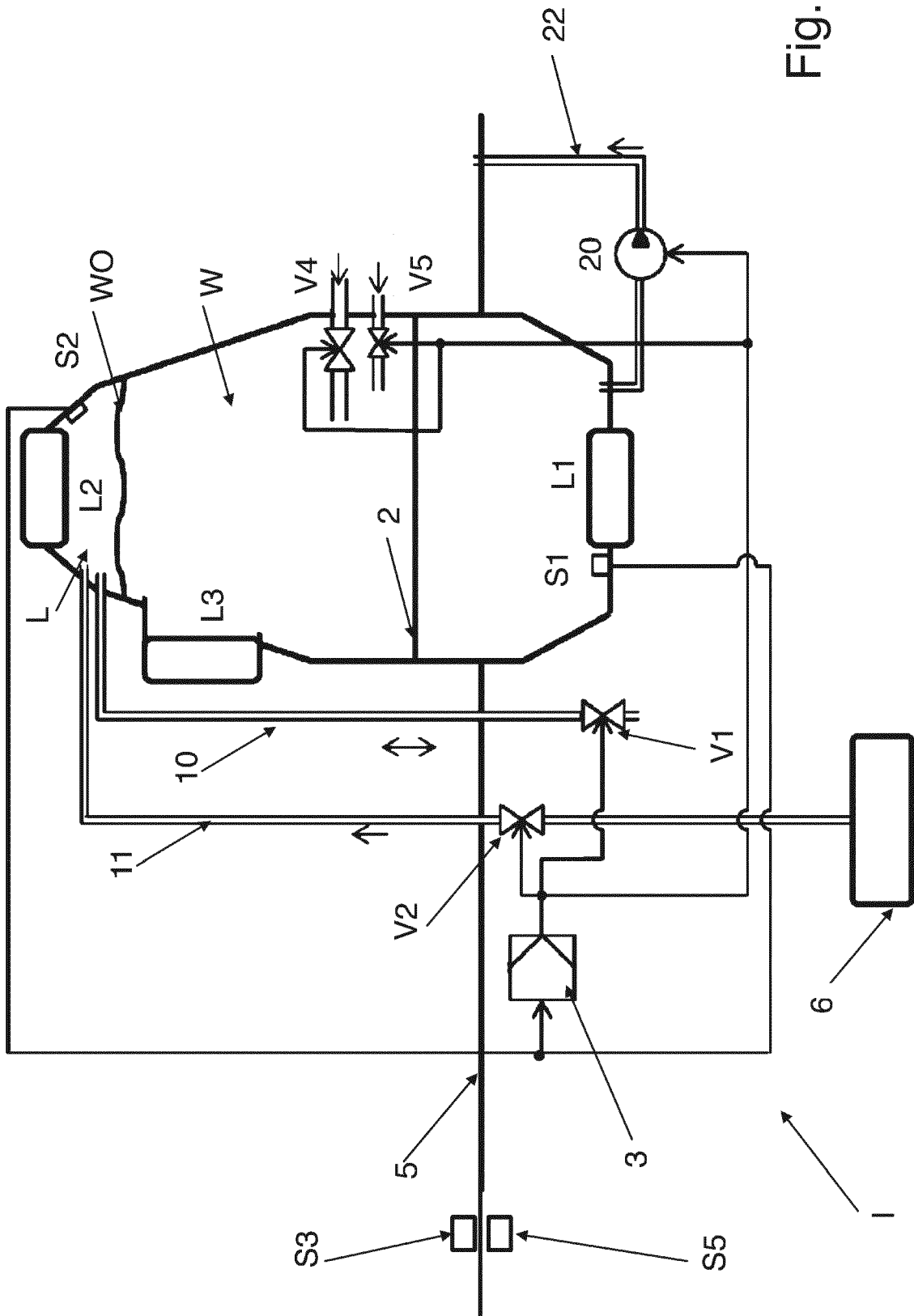


Fig. 10



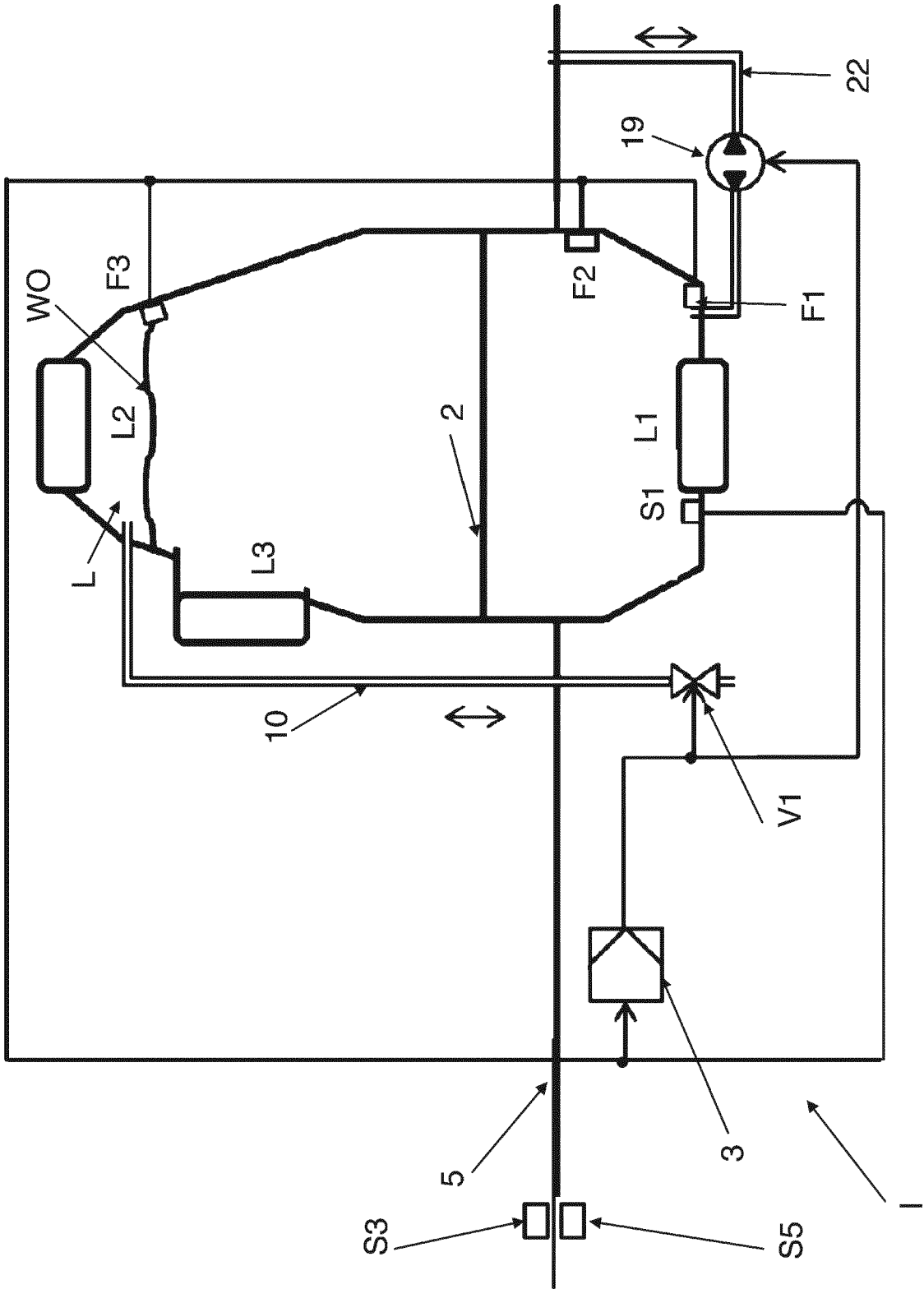


Fig. 11



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 19 20 2724

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2014 201078 A (AMYUZA JAPAN KK) 27. Oktober 2014 (2014-10-27) * Absätze [0018] - [0030] * * Abbildungen *	1-25	INV. B63G8/40 B63G8/04
X	DE 203 21 279 U1 (GABLER GMBH MASCHBAU [DE]; HOWALDTSWERKE DEUTSCHE WERFT [DE]) 23. November 2006 (2006-11-23) * Absätze [0029] - [0038] * * Abbildungen *	1-25	
A	US 4 274 405 A (SCHMIDT THOMAS C ET AL) 23. Juni 1981 (1981-06-23) * Spalte 1, Zeilen 6-29 * * Spalte 4, Zeile 1 - Spalte 5, Zeile 53 * * Abbildungen *	1-25	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B63G B63C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlussdatum der Recherche 17. Februar 2020	Prüfer Gardel, Antony
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 20 2724

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-02-2020

10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2014201078 A	27-10-2014	KEINE	
DE 20321279 U1	23-11-2006	KEINE	
US 4274405 A	23-06-1981	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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**

- WO 03097445 A1 [0002]